



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ**

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

**ZAŘÍZENÍ NA BARVENÍ DÍLŮ VYROBENÝCH POMOCÍ 3D  
TISKU**

EQUIPMENT FOR THE COLORING OF 3D PRINTED PARTS PRODUCED USING 3D PRINTING

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Martin Jandásek**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. David Paloušek, Ph.D.**

**BRNO 2017**



## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Student: **Martin Jandásek**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. David Paloušek, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Zařízení na barvení dílů vyrobených pomocí 3D tisku**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Základním výrobním materiálem technologie SLS je Polyamid 12 v bílé barvě. Bílé plastové díly se po určité době ušpiní zachytáním či vyblednou na přímém slunečním záření. Při výrobě funkčních dílů či prototypů s komplexními geometrickými strukturami je velmi obtížné díly homogenně nabarvit standardně pomocí metody mokrého lakování. V průmyslu se u těchto případech používá chemické barvení máčením. Barvení máčením s použitím aditiv umožňuje také zlepšení vodotěsnosti PA12, snížení přilnavosti nečistot, zvýšení oteruvzdornosti či odolnosti vůči UV záření.

Typ práce: vývojová - konstrukční

#### **Cíle bakalářské práce:**

Cílem projektů je návrh automatizovaného zařízení pro barvení plastových dílů vyrobených pomocí technologie Selective Laser Sintering.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- rešerše,
- návrh variant řešení uspořádání barvicí jednotky,
- návrh komponentů pro ohřev barvicího média,
- realizace konstrukčního návrhu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkres sestavení, digitální data.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

[http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2017.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf)

### Seznam literatury:

DRUMM, Brook, et al. Make: 3D printing projects. First edition. San Francisco: Maker Media, 2015, xvii, 263 stran : barevné fotografie. ISBN 978-1-4571-8724-7.

LIPSON, Hod a Melba KURMAN. Fabricated: the new world of 3D printing ; [the promise and peril of a machine that can make (almost) anything]. Indianapolis: Wiley, 2013, xiv, 302 s., [8] obr.příl. : il., ; 22 cm. ISBN 978-1-118-35063-8.

FRANCE, Anna. Make: 3D printing. 1st ed. Sebastopol: Maker Media, 2013, xv, 213 s. : barev. il. ISBN 978-1-4571-8293-8.

CHUA, Chee Kai a Kah Fai LEONG. 3D printing and additive manufacturing: principles and applications. 4th edition of Rapid prototyping. Singapore: World Scientific, 2015, xxviii, 518 stran : ilustrace, fotografie. ISBN 978-981-4571-40-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 7. 11. 2016



*uz. Hartl*

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

*uz. Katolický*

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

---

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem automatizovaného zařízení pro barvení plastových dílů vyrobených metodou 3D tisku pomocí technologie selective laser sintering. Úvodní část práce obsahuje popis v současné době existujících zařízení podobného účelu a stručný popis technologie barvení, pro kterou je zařízení navrženo. Konstrukční část se věnuje specifikaci potřebných parametrů zařízení, návrhu několika koncepčních řešení a vypracování zvoleného koncepčního řešení.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

---

selective laser sintering, barvení, dokončování, lakovací zařízení, 3D tisk

## **ABSTRACT**

---

This bachelor's thesis deals with a structural design of automated machine for colouring plastic parts made by 3D Printing - Selective Laser Sintering method. The introduction describes already existing machines of similar purpose and contains a short description of used colouring technology. The design part specifies all needed parameters and contains different alternatives of solution. The chosen solution is elaborated in detail.

## **KEY WORDS**

---

selective laser sintering, colouring, dyeing, post processing, colouring machine, 3D printing

---



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

---

JANDÁSEK, M. *Zařízení na barvení dílů vyrobených pomocí 3D tisku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 62 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. David Paloušek, Ph.D

---





## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma *Zařízení na barvení dílů vyrobených pomocí 3D tisku* vypracoval pod vedením doc. Ing. Davida Palouška, Ph.D. samostatně a použil při tom pouze zdrojů uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 19. 5. 2017

.....  
Martin Jandásek



## PODĚKOVÁNÍ

---

Chtěl bych zde poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Davidu Palouškovi, Ph.D. za věnovaný čas a cenné odborné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za dlouhodobou všestrannou podporu při mém studiu.

---



**OBSAH**

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>14</b>
<b>2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....</b>	<b>15</b>
2.1 Metody povrchových úprav .....	15
2.1.1 Vibrační leštění.....	15
2.1.2 Tryskání .....	15
2.1.3 Impregnace povrchu .....	16
2.1.4 Lakování nástřikem .....	16
2.1.5 Galvanické pokovování .....	16
2.1.6 Barvení ponorem .....	16
2.2 Současná zařízení pro barvení ponorem.....	16
2.2.1 Stroj DM 60 .....	16
2.2.2. Stroj CIPRES .....	19
2.3 Podrobněji o procesu barvení ponorem .....	20
2.3.1 Základní informace o procesu .....	20
2.3.2 Barvivo .....	20
2.3.3 Konkrétní postup .....	21
2.4 Shrnutí .....	22
<b>3 Analýza problému a cíl práce .....</b>	<b>23</b>
3.1 Analýza problému .....	23
3.2 Cíle práce.....	23
3.2.1 Parametry zařízení .....	23
<b>4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>24</b>
4.1 Navržená řešení .....	24
4.1.1 Stolní zařízení .....	24
4.1.2 Samostatné zařízení s jednou nádobou .....	25
4.1.3 Samostatné zařízení se dvěma nádobami .....	26
4.2 Zkouška postupu barvení.....	27
4.2.1 Doporučený postup.....	27
4.2.2 Různé časy barvení .....	28
4.3 Zvolená varianta .....	28
<b>5 KONSTRUČNÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>29</b>
5.1 Rám a pracovní stůl .....	30
5.2 Barvicí nádoba.....	32
5.3 Koš a víko .....	35
5.4 Potrubí a hadice .....	36
5.5 Elektrická výstroj.....	37
5.6 Kalkulace nákladů .....	39
<b>6 DISKUZE .....</b>	<b>40</b>
<b>7 ZÁVĚR .....</b>	<b>42</b>
<b>8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>43</b>
<b>9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN.....</b>	<b>48</b>
<b>10 SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>49</b>
<b>11 SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>50</b>

## 1 ÚVOD

Výroba součástí pomocí aditivních technologií patří v současnosti k dynamicky se rozvíjejícím odvětvím průmyslové výroby. Byla vyvinuta celá řada technologií aditivní výroby umožňujících zhotovení výrobků se specifickými vlastnostmi vhodnými pro široké spektrum použití. Mezi jednu z nejrozšířenějších technologií patří technologie Selective Laser Sintering (SLS), která může pracovat s různými výrobními materiály. Mezi jeden ze základních výrobních materiálů patří polyamid bílé barvy. Jedná se o víceúčelový a dostupný materiál, výrobky z něj jsou však náchylné k ulpívání nečistot a degradaci vlivem UV záření.

Tyto nevýhody lze zmírnit úpravou povrchu lakováním. Běžně používané průmyslové metody mokrého lakování jsou však vzhledem k časté tvarové složitosti dílů obtížně použitelné, proto se využívá metody chemického barvení máčením ve vodní lázni. Touto metodou je možné docílit široké řady barevných odstínů, což je významné pro díly představující např. designérské prototypy (viz obr. 1-1). Chemické barvení máčením se v průmyslu provádí na plně automatizovaných zařízeních, lze ho však provádět i ve zjednodušených podmínkách.

Tato práce se zabývá konstrukčním návrhem automatického zařízení pro chemické barvení dílů vyrobených pomocí technologie SLS (SLS díly) máčením, schopného docílit kvalitního obarvení při maximální jednoduchosti zařízení.



Obr. 1-1 SLS díly nabarvené máčením [1]

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Technologie Selective Laser Sintering využívá při stavbě dílu postupného spojování vrstev prášku stavebního materiálu spékáním pomocí laserového paprsku. Podpůrný materiál je tvořen nespečeným stavebním práškem [3]. Po dokončení spékání jsou vyráběné součásti vyjmuty z pracovního prostoru stroje a odděleny od množství nespečeného prášku. Každá součást je potom důkladně očištěna od zbytků nespečeného prášku pomocí stlačeného vzduchu. Díly mají obvykle dobrou rozměrovou přesnost, ale jejich povrch je drsný a matný (viz obr 2-1) [1]. Struktura materiálu je přirozeně porézní, je tedy nasákavá a náchylná k zachytávání nečistot.



Obr. 2-1 Neupravený SLS díl [2]

### 2.1 Metody povrchových úprav

Porézní struktura a drsný povrch jsou dobré předpoklady pro aplikaci některé z metod povrchových úprav. Cílem aplikace povrchové úpravy je nejčastěji změna vzhledu povrchu dílu, zlepšení otěruvzdornosti, snížení nasákavosti povrchu, nebo kombinace těchto požadavků. K dispozici je několik metod nabízejících různé možnosti úprav.

2.1

---

#### 2.1.1 Vibrační leštění

Vibrační leštění patří k nejjednodušším metodám, lze jím dosáhnout pouze vyhlazení povrchu a zaoblení hran. Díly jsou vloženy do vibrující nádoby s jemným keramickým práškem, který povrch dílů postupně vyhladí. Metoda je jednoduchá, ale není vhodná pro díly s jemnými detaily - leštění by se mohly poškodit. Rozměrová přesnost je ovlivněna minimálně [1]. Doba leštění je značně dlouhá, obvykle asi 6 hodin [4].

2.1.1

---

#### 2.1.2 Tryskání

Tryskání je alternativou k vibračnímu leštění. Provádí se v uzavřené komoře, proti povrchu opracovávaného dílu jsou metány částice práškového abraziva unášeny proudem vzduchu. Na rozdíl od vibračního leštění je metoda výrazně rychlejší, obvyklý čas opracování je 15 minut. Je také vhodná i pro díly s jemnými detaily.

2.1.2

---

Pro dosažení co nejlepšího vzhledu se doporučuje kombinovat s vibračním leštěním [4].

---

### **2.1.3 Impregnace povrchu**

Impregnace slouží pouze ke zlepšení voděodolnosti (snížení nasákavosti) povrchu, vzhled a drsnost povrchu se jí podstatně nezmění. Impregnace se provádí ponorem dílu do silikonové nebo vinyl-akrylátové lázně, čímž je dosaženo uzavření pórů na celém povrchu dílu. Metoda je rychlá a jednoduchá, ale nanesená vrstva zhoršuje rozměrovou přesnost dílu. [1]

---

### **2.1.4 Lakování nástřikem**

Lakování nástřikem pro díly vyrobené SLS technologií se nijak zásadně neliší od lakování běžných plastových či kovových dílů. Podmínkou vzniku kvalitního povrchu je pečlivé očištění dílů od nepřilnutého prášku a nanášení laku ve více vrstvách (kvůli rychlému schnutí a zabránění stékání). Touto metodou lze docílit celé řady barevných odstínů, lesklého i matného povrchu, případně napodobení kovového vzhledu. Dochází ke zvýšení otěruvzdornosti povrchu, ale vzhledem k síle nanesené vrstvy také ke zhoršení rozměrové přesnosti dílu. Tato metoda je poměrně zdoluhavá, obtížně automatizovatelná a proto také nákladná. [1]

---

### **2.1.5 Galvanické pokovování**

Galvanické pokovování je rozšířenou metodou povrchové úpravy plastových i kovových dílů, vhodnou i pro díly vyrobené SLS technologií. Umožňuje dosáhnout autentického kovového vzhledu a vysokého lesku. Počet dosažitelných vzhledů je omezen počtem kovů vhodných pro galvanické pokovování. Tato metoda zlepšuje kromě vzhledu i odolnost povrchu, ale vyžaduje specializované vybavení, což ji činí nákladnou. [1]

---

### **2.1.6 Barvení ponorem**

Barvení ponorem je zřejmě nejrozšířenější metodou barvení dílů vyrobených pomocí SLS technologie. Díly jsou barveny ponorem v horké barvicí lázni, která vznikne přidáním koncentrovaného barviva do vody. Ponoření zajistí dokonalý kontakt lázně s povrchem dílu, obarvení je proto rovnoměrné na tvarově složitých i vnitřních plochách. Probarvení nastává do hloubky asi 0,5 mm, rozměrová přesnost dílu zůstává zachována. K dispozici je široká škála barevných odstínů, nelze však dosáhnout lesklého povrchu. Díky hloubce probarvení zůstává vzhled dílu stejný i při poškození otěrem či drobným poškrábáním. [1]

---

## **2.2 Současná zařízení pro barvení ponorem**

Díky jednoduchosti metody barvení ponorem, možnosti barvení více dílů současně a nízkým nárokům na obsluhu procesu, vzniklo v současnosti několik specializovaných automatizovaných zařízení. K nejvýznamnějším patří stroj *DM 60* firmy *DyeMansion GmbH* (viz obr. 2-2) a stroj *Cipres sm@rt e-coloring system* firmy *CIPRES Technology Systems* (viz obr 2-5).

---

### **2.2.1 Stroj DM 60**

DM 60 je plně automatizované profesionální zařízení vhodné pro nasazení v hromadné výrobě. Stroj automaticky provádí zvolený pracovní cyklus, přičemž



reguluje teplotu a tlak v pracovní nádobě, dobu trvání jednotlivých částí cyklu a promíchávání lázně. Ručně probíhá pouze vkládání a vyjímání koše s díly určenými k barvení.[5]



Obr. 2-2 Stroj DM60 [5]

#### Základní technické parametry

Vnější rozměry stroje při zavřeném víku činí 900 x 600 x 950 mm (v x š x hl). Koš vkládaný do nádoby má průměr 400mm a je vysoký 450mm. Celková hmotnost stroje v pohotovostním stavu je 250kg. Možné objemy pracovní náplně jsou 10; 20; 35 nebo 51 l. V pracovní nádobě může být dosažena teplota maximálně 130°C při maximálním přetlaku 2,8 bar. Výkon ohřevu lázně je 6kW. Typický pracovní cyklus trvá asi 2,5 hodiny, hloubka zasáknutí barvy do barvených dílu dosahuje 0,2 až 1mm. [5]

#### Konstrukční řešení

Zařízení je samostatně stojící, skříňové konstrukce, pravděpodobně se svařovaným rámem. Válcová pracovní nádoba je umístěna horizontálně s horním přístupem po odklopení víka. Nádoba je přetlaková, při provozu je víko zajištěno šroubem, který se automaticky zašroubuje při uzavření víka. Ve víku se nachází kruhové těsnění a přetlakový ventil. Samotná nádoba je svařovaná, skládá se z rovného dna, skruženého pláště a příruby. Dnem nádoby prochází hřídel, na které je nasazena míchací vrtule (viz obr 2-3). Ve dně je také umístěn výpustní otvor.



Obr. 2-3 Nádoba DM60 [5]

Ve stěnách i dně nádoby je několik trysek pro automatické čištění a sušení. Do nádoby se vkládá koš s držadlem s díly určenými k barvení. Koš je vyroben z nerezového děrovaného plechu (viz obr.2-4), jeho dno dosedá na trny vyčnívající ze stěny nádoby. Ve dně koše je prostor určený pro vložení barvicí kartuše. Topné těleso se nachází mimo nádobu, přívod vody je zajištěn otvorem ve stěně nádoby. Elektrická výstroj je umístěna uvnitř skříně stroje. Pro provoz stroj vyžaduje elektrické připojení, přívod studené vody, stlačený vzduch a odvod odpadní kapaliny. [5]



Obr. 2-4 Koš na díly DM60 [53]

---

### Obsluha

Práce obsluhy představuje především vkládání a vyjímání koše do a z pracovní nádoby, vkládání kartuše s barvivem a zadávání technologických parametrů procesu. Kromě kartuší je pro provoz stroje potřeba ještě dokončovací médium, které obsluha musí doplňovat do malé nádrže ve stroji, jak píše Daniel Stroh, M.Sc. ve svém emailu ze dne 10.4.2017. Kartuše je tvořena plastovou nádobkou tvaru misky uzavřené fólií. Kartuši je nutno vložit do určeného prostoru ve dně koše před vložení koše do nádoby stroje. Kartuše je jednorázová, vkládá se stranou s fólií

směrem dolů, po zaplavení pracovní nádoby dojde k rozpuštění fólie a vyplavení barviva. Kartuši je možné zakoupit pouze u výrobce stroje, výrobce nabízí celou barevnou řadu RAL nebo PANTONE. Jakmile je koš s kartuší i díly určenými k barvení vložen do pracovní nádoby a víko uzavřeno, přejde obsluha k zadávání technologických parametrů procesu. Všechny tyto parametry jsou nastaveny výběrem požadovaného pracovního cyklu na dotykovém displeji umístěném na horní stěně stroje. Displej zobrazuje teplotu a tlak v pracovní nádobě a čas zbývající do konce cyklu. Z displeje se rovněž provádí spuštění nebo přerušení pracovního cyklu. Po skončení cyklu jsou nabarvené díly již suché, barva je stálá a žádné dokončovací operace se neprovádí. [5]

### 2.2.2. Stroj CIPRES

Jedná se o plně automatizované zařízení určené pro hromadnou výrobu. Zařízení je modulární koncepce, jedná se tedy vždy o jakousi výrobní linku sestavenou z modulů vyráběných firmou *Cipres*. Moduly jsou sestaveny buď do řady, nebo centrálně (viz obr. 2-5) Zařízení provádí vybraný pracovní cyklus zcela automaticky, přičemž reguluje všechny parametry procesu. Ručně probíhá pouze zakládání koše s díly určenými k barvení na místo pod pracovní jeřáb. Podle konfigurace modulů může zařízení obsahovat více barvicích jednotek, což umožňuje zpracovávat více košů s díly současně. V každé barvicí jednotce se může pracovat s jinou barvou. [7]

2.2.2

---



Obr. 2-5 Stroj Cipres - uspořádání modulů do řady a centrálně [7]

#### Konstrukční řešení

Zařízení je samostatně stojící rámové konstrukce, složené z jednotlivých modulů lišících se svou funkcí - čištění, barvení, sušení. Díly určené k barvení se vkládají do děrovaného koše čtvercového průřezu. Při uspořádání modulů do řady je koš přemisťován mezi vkladacím prostorem a jednotlivými pracovními nádobami modulů pomocí integrovaného jeřábu. U centrálního uspořádání probíhá manipulace s košem ručně. Každá z nádob je uzavírána dvoukřídlým víkem. Veškeré ovládací prvky jsou soustředěny na dotykovém displeji umístěném zepředu na rámu stroje ve výšce očí obsluhy. Celá konstrukce je vyrobena z nerezové oceli, jednotlivé moduly jsou opatřeny pojezdovými koly. [7]

#### Obsluha

Práci obsluhy představuje především zakládání a odebírání koše do a z určeného místa, doplňování barviv do jednotlivých modulů a volba pracovního cyklu. V případě centrálního uspořádání ještě přemísťování koše mezi jednotlivými moduly. Volba pracovního cyklu, spouštění a případné zastavení pracovního cyklu se provádí na dotykovém displeji. Dále již zařízení pracuje zcela automaticky. [7]

### 2.3 Podrobněji o procesu barvení ponorem

Technologie barvení ponorem využívající médium schopné penetrovat barvený materiál je běžná průmyslová technologie. Velké uplatnění má např. u barvení textilií ve vodní lázni s rozpuštěným barvivem. Postup barvení SLS dílů je tomuto postupu velmi podobný jak parametry procesu, tak použitým barvivem.

#### 2.3.1 Základní informace o procesu

Proces se skládá ze tří hlavních částí: přípravy povrchu dílů k barvení, samotného barvení v lázni a dokončování. Příprava představuje zejména pečlivé zbavení dílů ulpělého prášku omytím pod tekoucí vodou a odmaštění v případě, že díly byly např. během manipulace znečištěny [příloha II.]. Při barvení v lázni jsou rozhodujícími parametry teplota a tlak uvnitř nádoby, doba trvání ponoru, koncentrace barvicí lázně a úplné ponoření dílů. Dokončování znamená zpravidla oplachování a ustálení v čisté vodě, případně aplikaci dokončovacího média a sušení.

#### 2.3.2 Barvivo

Firmy nabízející barvení SLS dílů obvykle neuvádějí o použitém barvivu žádné údaje. Firma CIPRES nabízející profesionální zařízení pro barvení však uvádí složení jednoho z používaných barviv: Disodium [1-[(2-Hydroxy-3,5-Dinitrophenyloxy)azo]-2-Naphtholato(2-)] [3-Hydroxy-4-[(2-Hydroxy-1-Naphthyl)azo]-7-Nitronaphthalene-1-Sulphonato(3-)] Chromate(2-) [12]. Jedná se o běžně vyráběné barvilo na textil s obchodním názvem LANASET B. Barvivo je ve formě prášku, bez zápachu, označeno jako dráždivé [8], vhodné pro barvení vlny, polyamidových vláken a hedvábí [11]. Firma One3D, nabízející mj. barvení SLS dílů, uvádí ve svém návodu pro barvení dílů barvivo I-Dye Poly [příloha II.]. Jedná se opět o běžné textilní barvivo vhodné pro polyamidová vlákna (viz obr 2-6) [12]. Lze tedy říci, že běžná textilní prášková barviva jsou dobře použitelná pro barvení SLS dílů.



Obr. 2-6 Balení barviva iDye Poly [13]

### 2.3.3 Konkrétní postup

2.3.3

Postup vyvinutý institucí Goldsmith, University of London

Jedná se o postup barvení vyvinutý pro realizaci v jednoduchých podmínkách. Barvené díly jsou předem upraveny vibračním leštěním a zbaveny ulpělého prášku ofoukáním. Před ponořením do barvicí lázně se díly ponechají 10 min v čisté vodě pro nasáknutí. Jako barvivo je použito textilní barvivo I-Dye, barvení probíhá v kuchyňském ohřívači (viz obr 2-7) uzavřeným víkem při teplotě 95°C. Optimální doba barvení je stanovena na 20 min. Díly jsou při barvení udržovány ponořené bublinkovou fólií položenou na hladině a zatíženou akrylátovou deskou. Po vyjmutí se díly opláchnou v čisté vodě a vloží na 2 min do ultrazvukové čističky naplněné vodou o teplotě 22°C za účelem odstranění přebytečné barvy. Poté se díly ofoukají a volně usuší na vzduchu.[9]



Obr. 2-7 Barvení dílů v kuchyňském ohřívači [9]

---

#### Postup doporučený firmou One3D

Jedná se opět o postup vhodný k realizaci v jednoduchých podmínkách. Barvené díly jsou zbaveny ulpělého prášku opláchnutím pod tekoucí vodou. Barvicí lázeň vznikne přidáním barviva I-Dye Poly do vody zahřáté na 80°C. Pro zajištění úplného ponoření dílu se doporučuje vložit do nádoby kryt zabraňující vynoření dílů. Doba barvení je stanovena na 30 minut, teplota lázně se udržuje mezi 80°C a 95°C. Po uplynutí 30 min se díly vyjmou, opláchnou v čisté vodě a uložení k odležení ve studené vodě na 30 minut. Na závěr se díly ofoukají a nechají oschnout na vzduchu. [příloha II.]

---

## 2.4 Shrnutí

Z řady možných povrchových úprav SLS dílů lze označit za nejvhodnější metodu barvení ponorem. Metoda je vhodná pro díly všech rozměrů a tvarů a umožňuje dosažení velkého množství barevných odstínů. Vzhledem k jednoduchému postupu nemusí být prováděna kvalifikovaným pracovníkem. Barvivo penetruje materiál do hloubky, díky čemuž zůstane vzhled dílu nenarušen i při drobném poškrábání.

Na trhu jsou k dispozici profesionální zařízení pro barvení ponorem. Bylo však zjištěno, že barvení SLS dílů lze provádět i v jednoduchých podmínkách. Při dodržení základních parametrů procesu, tj. teploty lázně, koncentrace barviva a doby barvení, lze dosáhnout kvalitního nabarvení dílů s pomocí běžného laboratorního vybavení.

Vlastní postup barvení se u jednotlivých firem liší jen mírně. Vždy se skládá z přípravy dílů před barvením, samotného barvení, oplachování a sušení. Důležitost úplného ponoření dílů je nejistá - zajistit úplné ponoření dílů doporučuje ve svém návodu např. firma *One3D* [příloha II.], ale např. výrobce profesionálního stroje *fa DyeMansion* úplné ponoření dílů nezaručuje [5].



## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

---

**3**

### 3.1 Analýza problému

Pro úspěšné nabarvení SLS dílů je třeba dodržet několik základních technologických parametrů: teplotu lázně, koncentraci barviva a dobu barvení. To je možné i v jednoduchých podmínkách, s pomocí běžného laboratorního vybavení. Problémem však je pracná manipulace s jednotlivými díly, nutnost stále sledovat čas barvení, ruční plnění nádob vodou a čištění všeho použitého vybavení. Pro zpracování většího množství dílů je tento postup nevhodný.

Nabízí se tedy možnost konstrukce jednoúčelového zařízení, které by barvení vykonávalo poloautomaticky, a zmírnilo tak výše uvedené problémy a snížilo nutnou dobu přítomnosti obsluhy. Bylo by určeno pro provozovatele, pro nějž vzhledem k objemu dílů pro barvení není efektivní pracovat ručně, ale ještě se mu nevyplatí pořízení některého z profesionálních strojů.

Takové zařízení musí být schopno kontrolovat teplotu lázně a měřit čas barvení. Dále musí být zajištěno promíchávání barvicí lázně kvůli zabránění sedimentaci barviva a potlačení teplotního gradientu v nádobě. Součástí zařízení musí také být prostor pro oplachování dílů. Musí být také umožněno snadné napouštění a vypouštění lázně a snadné čištění pracovní nádoby.

### 3.2 Cíl práce

---

**3.2**

Cílem této bakalářské práce je návrh automatizovaného zařízení pro barvení plastových dílů vyrobených pomocí technologie Selective Laser Sintering. Dílčí cíle práce představuje provedení rešerše, návrh variant řešení uspořádání barvicí jednotky, návrh komponentů pro ohřev barvicího média a realizace konstrukčního návrhu.

#### 3.2.1 Parametry zařízení

---

**3.2.1**

- minimální pracovní prostor zařízení 350x350x500 mm
- elektrický ohřev barvicí lázně
- systém promíchávání lázně
- umístění dílů určených k barvení společně v koši
- maximální možná teplota ohřevu 95°C
- ohřev za atmosférického tlaku
- ruční dávkování barviva, žádný dávkovací systém nebude řešen
- jako barvivo používáno běžné textilní barvivo
- zajištěno napouštění vody a vypouštění použité lázně
- barvicí nádoba opatřena víkem pro omezení úniku par při ohřevu
- nastavitelná doba ohřevu a teplota ohřevu
- elektrické připojení 230V/50Hz - 16A

## 4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

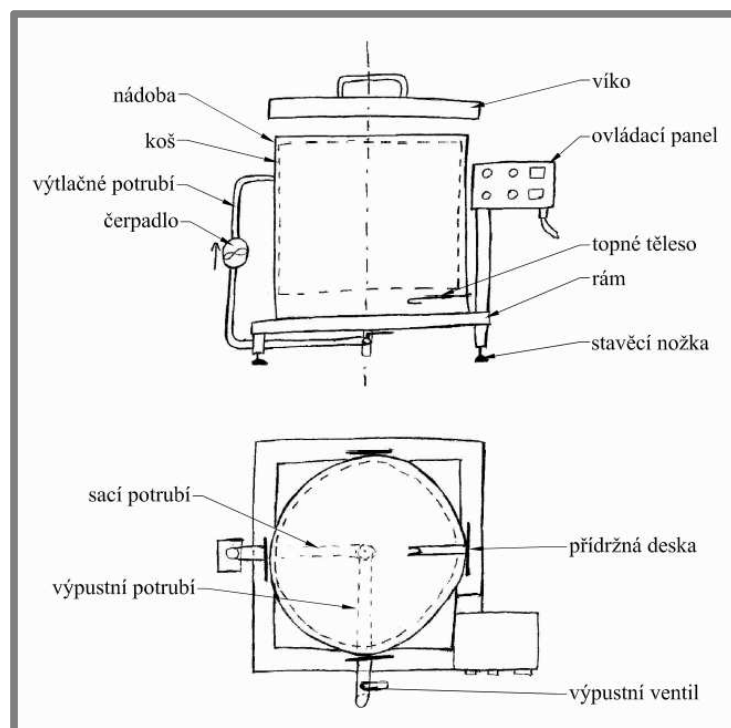
### 4.1 Navržená řešení

Byly navrženy celkem 3 různé koncepce řešení daného problému, lišící se zejména velikostí zařízení, mírou usnadnění provádění barvicího procesu a pochopitelně i výší nákladů na realizaci.

#### 4.1.1 Stolní zařízení

Nejjednodušším řešením je stavba malého stolního zařízení. Toto řešení cílí na maximální jednoduchost, minimální náklady na výrobu a minimální prostor potřebný pro provoz (viz obr. 4-1).

Hlavní částí zařízení je válcová barvicí nádoba usazená na nízkém rámu svařovaném z jeklů. Barvené díly jsou umístěny v drátěném koši. Napouštění vody do nádoby je řešeno externí hadicí, nádoba není tepelně izolována. Ohřev lázně je zajištěn topným tělesem bojlerového typu umístěným horizontálně u dna nádoby. Cirkulace lázně je zajištěna oběhovým čerpadlem umístěným u boku nádoby. Čerpadlo je připojeno samonosným potrubím, na potrubí je odbočka s kulovým ventilem pro vypouštění lázně do jiné nádoby. Nádoba je uzavírána prostým kruhovým víkem. Všechny ovládací prvky jsou soustředěny na ovládacím panelu umístěném na svislém jeklu spojeném s rámem.



Obr. 4-1 Náčrt stolního zařízení

Toto řešení přináší oproti použití např. kuchyňského ohříváče jen málo výhod, zejména zajištění požadovaného objemu a cirkulaci lázně. Vzhledem k nutné výšce nádoby by při umístění zařízení na běžném stole bylo obtížné vkládat koš s díly



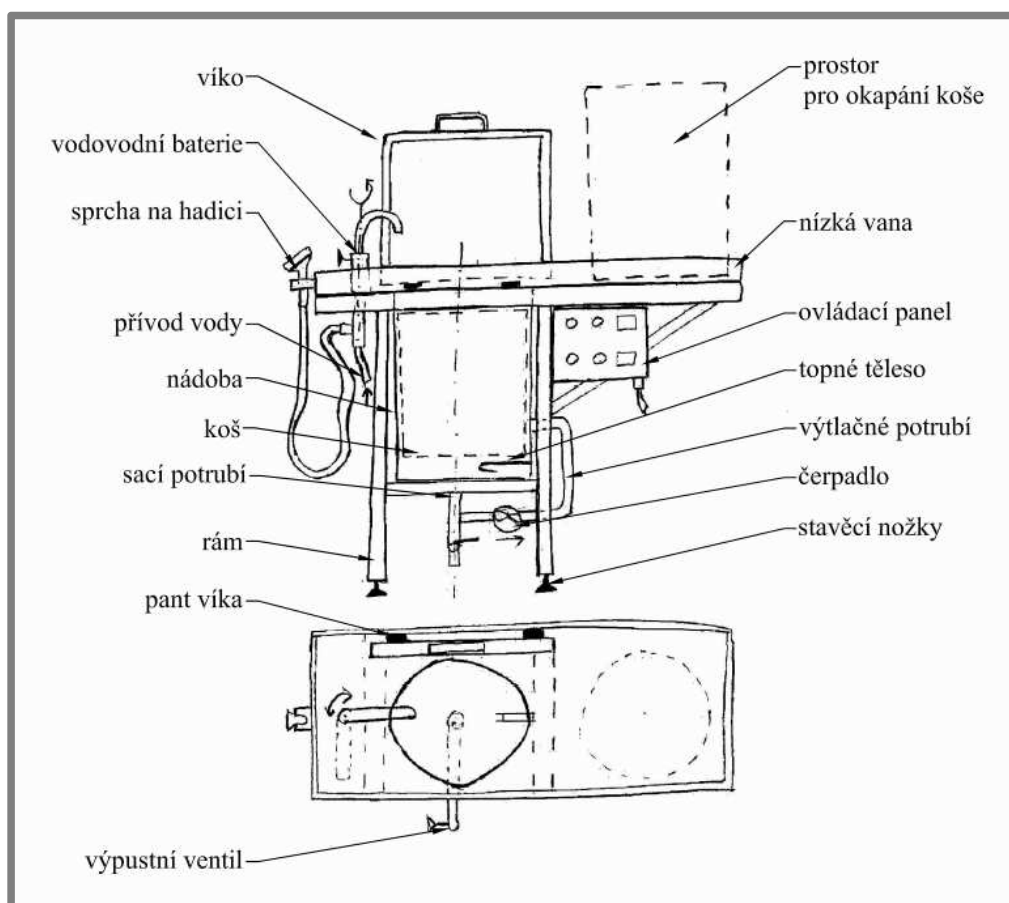
do nádoby. Není také k dispozici žádný prostor k oplachování dílů, vzhledem k absenci přívodu vody by bylo též čištění nádoby a koše obtížné.

## 4.1.2

#### 4.1.2 Samostatné zařízení s jednou nádobou

Samostatně stojící zařízení umožňuje vytvořit lepší podmínky pro provádění barvicího procesu. Vyžaduje však stále místo pro své umístění a jeho stavba by byla nákladnější než stavba stolního zařízení.

Hlavní částí zařízení je rám svařovaný z jeklů, na kterém je umístěna válcová barvicí nádoba (viz obr 4-2). Nádoba je uzavírána čtvercovým víkem na pantech. Barvené díly jsou umístěny v drátěném koši. Na horní části rámu je umístěna nízká plechová vana tvořící pracovní stůl. Okraje vany zabraňují nechtěnému úniku kapaliny. V levé části stolu je umístěna napouštěcí vodovodní baterie a sprcha na hadici pro čištění nádoby a stolu. Pravá část stolu slouží k odkapání koše s díly po nabarvení. Ohřev lázně je zajištěn topným tělesem umístěným horizontálně u dna nádoby, cirkulaci lázně zajišťuje oběhové čerpadlo. Vypouštění lázně je řešeno výpustním ventilem. Ovládací panel je umístěn na čelní straně zařízení pod stolem.



Obr. 4-2 Náčrt zařízení s jednou nádobou

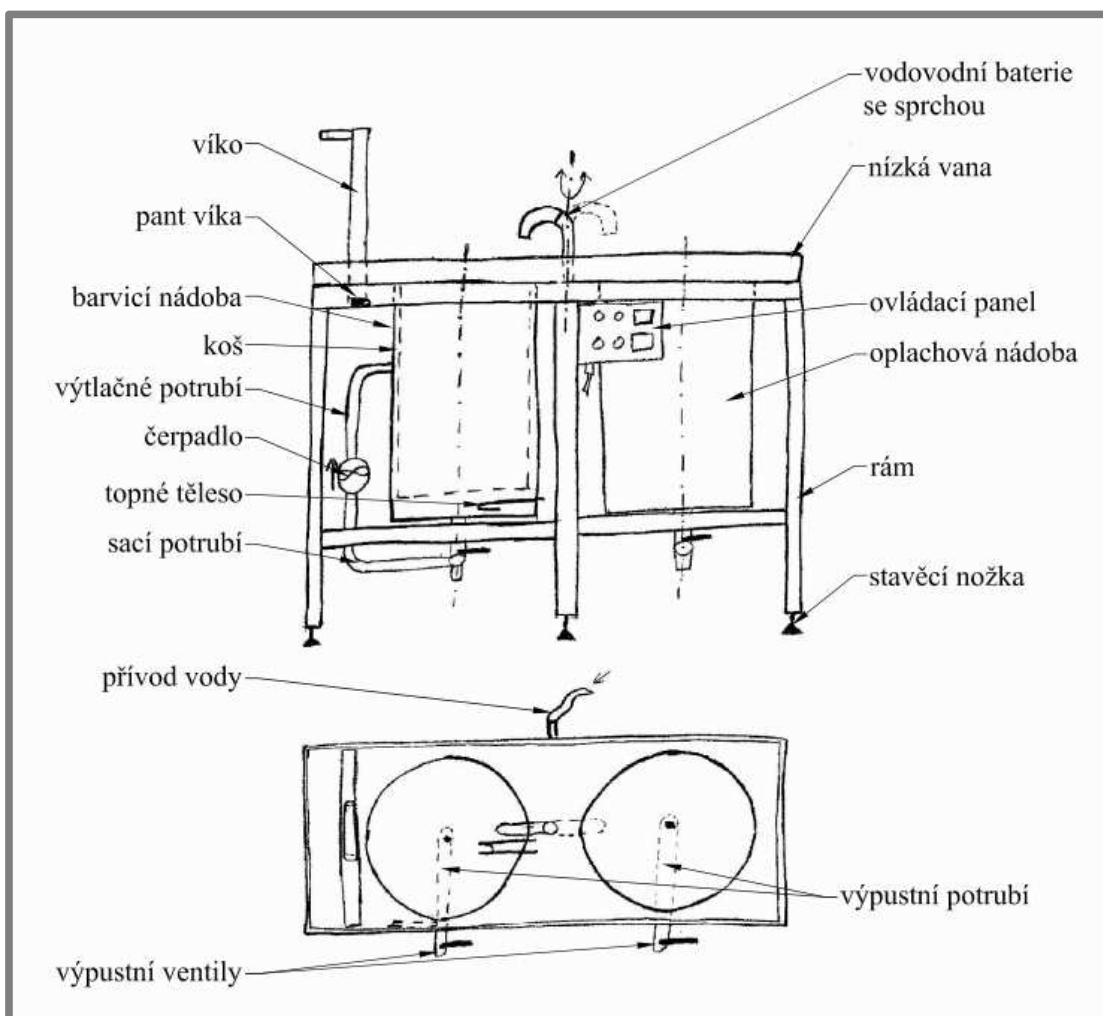
Toto řešení umožňuje vzhledem k integrovanému přívodu vody pohodlnější práci i čištění zařízení po skončení procesu barvení. Výhodou je i prostor pro okapání koše a víko na pantech - není ho nutné nikam odkládat jako u stolní verze. U této

koncepce je možné snadno doplnit tepelnou izolaci nádoby a celé zařízení zakrytovat.

#### 4.1.3 Samostatné zařízení se dvěma nádobami

Samostatně stojící zařízení se dvěma nádobami vyžaduje téměř stejně velký prostor jako zařízení s jednou nádobou, nabízí však mnohem lepší podmínky pro oplachování dílů po skončení barvení. Jeho cena bude však z navrhovaných řešení nejvyšší.

Hlavní částí zařízení je opět rám svařovaný z jeklů, na kterém jsou umístěny dvě válcové nádoby (viz obr 4-3). Levá nádoba je barvicí, pravá oplachová. Barvicí nádoba je ohřívána topným tělesem umístěným horizontálně u dna nádoby, nádobu lze uzavřít víkem na pantech. Cirkulace barvicí lázně je zajištěna oběhovým čerpadlem. Barvené díly jsou umístěny v drátěném koši. Na horní části rámu je umístěna nízká vana tvořící pracovní stůl. Uprostřed stolu se nachází otočná dřezová baterie s integrovanou sprchou sloužící k napouštění vody i k čištění obou nádob. Vypouštění obou nádob je zajištěno výpustními ventily. Ovládací panel je umístěn na čelní straně zařízení pod stolem.



Obr. 4-3 Náčrt zařízení se dvěma nádobami

Toto řešení nabízí největší usnadnění barvicího procesu. Samostatná oplachová nádoba umožňuje pohodlné oplachování koše s díly a postupné odebrání jednotlivých dílů. Pokud by bylo vyrobeno více košů, bylo by možné ještě během oplachování čerstvě nabarvených dílů vložit do barvicí nádoby další koš s díly, což by zvýšilo produktivitu zařízení. Barvicí nádobu je možné snadno tepelně izolovat a celé zařízení zakrýtovat.

## 4.2 Zkouška postupu barvení

4.2

---

Pro usnadnění výběru koncepčního řešení byla provedena zkouška postupu barvení. Jako vzorky posloužily bílé destičky z polyamidu PA2200 vyrobené pomocí SLS technologie, jako barvivo běžné textilní barvivo I-Dye Poly. Vzorky, barvivo a doporučený postup barvení dodala firma One3D. Zkouška byla rozdělena na 2 části. V první části byl striktně dodržován doporučený postup, v druhé části byly voleny různé časy barvení.

### 4.2.1 Doporučený postup

4.2.1

---

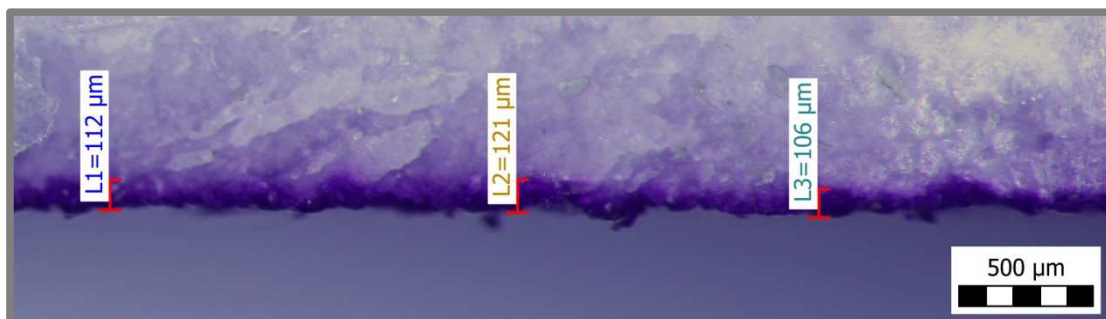
Nejprve bylo provedeno barvení přesně podle doporučeného postupu od firmy One3D - viz příloha II. Barvení bylo prováděno ve smaltovaném hrnci, ohřev byl zajištěn plynovým vařičem (viz obr 4-4). Teplota byla měřena pomocí rtuťového laboratorního teploměru, čas byl měřen stopkami. Během vlastního barvení se dařilo udržovat konstantní teplotu 92°C. Byla použita doporučená koncentrace barviva 1g prášku na 5l vody. Společně bylo barveno 5 vzorků.



Obr. 4-4 Zkouška postupu barvení

Vzorky byly tímto postupem úspěšně obarveny. Výsledný odstín barvy se shoduje s nabarveným vzorkem dodaným firmou One3D, obarvení je rovnoměrné. Bylo zjištěno, že vzorky během barvení skutečně plavou těsně u hladiny.

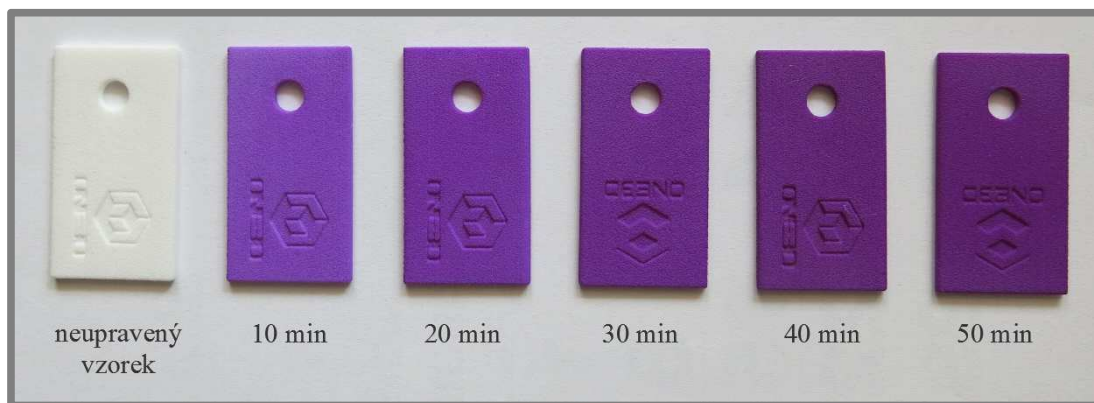
Pro zjištění hloubky probarvení vzorku byl vybrán vzorek barvený po 30 min rozříznut a vyfotografován s pomocí mikroskopu Olympus SZX8, hloubka probarvení pak byla změřena v programu Quick PHOTO INDUSTRIAL (viz obr 4-5). Průměrná hloubka probarvení je asi 113  $\mu\text{m}$ .



Obr. 4-5 Hloubka probarvení vzorku

#### 4.2.2 Různé časy barvení

V této části bylo použito stejné vybavení jako v části první, stejná byla i koncentrace barviva. Bylo barveno opět 5 vzorků. Jediná odlišnost proti doporučenému postupu spočívala v tom, že jednotlivé vzorky byly vytahovány z lázně postupně (bez chlazení lázně). První vzorek byl vytažen po 10 min barvení, druhý po 20 min atd. a poslední po 50 min barvení. Ukázalo se, že doba barvení má podstatný vliv na výsledný odstín barvy vzorku (viz obr 4-6).



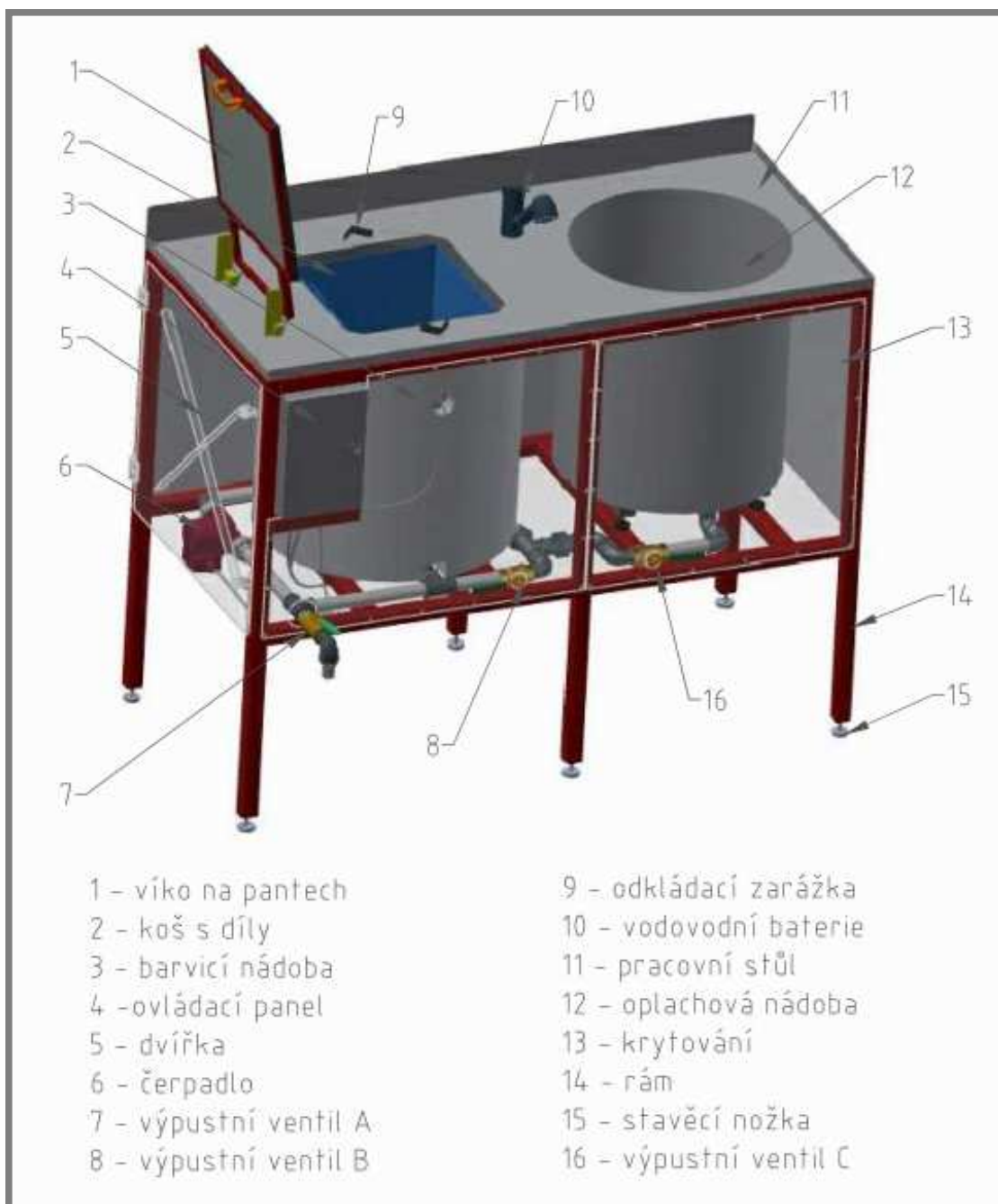
Obr. 4-6 Různé dosažené odstíny barvy

#### 4.3 Zvolená varianta

Po důkladném zvážení vlastností každého z uvedených koncepčních řešení byla vybrána varianta zařízení se dvěma nádobami. Tato varianta poskytuje nejlepší podmínky pro barvení dílů a umožňuje snadno dodržet postup doporučený firmou One3D. Hlavní výhodou této varianty je, že celý proces barvení je realizován na jednom místě a nevyžaduje žádné pomocné pracoviště a nádoby.

## 5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Výsledkem konstrukčního řešení je samostatně stojící zařízení rámové konstrukce se 2 nádobami (viz obr 5-1). Půdorys zařízení je 1500x700mm, výška při zavřeném víku je 1252mm. Celková hmotnost zařízení je asi 220 kg. Barvicí nádoba je opatřena průhledným víkem na pantech. Ovládací panel a výpustní ventily jsou umístěny na přední stěně zařízení, ze zadní stěny vystupuje přívodní el. kabel, stejně jako přívod vody a výpust do kanalizace. Celé zařízení je řešeno s důrazem na výrobní jednoduchost, použití levných a dostupných komponentů, provozní odolnost a snadnou obsluhu.



Obr. 5-1 Hlavní části zařízení



### 5.1 Rám a pracovní stůl

Rám zařízení je svařovaný z dutých profilů převážně čtvercového průřezu z konstrukční oceli S235JRH (viz obr 5-2). Antikorozní ochrana je zajištěna práškovým lakováním. Svislé profily a rošt, na kterém jsou umístěny nádoby, jsou z profilu ČSN EN 10219-2 40x40x4, horní střední příčka je z profilu ČSN EN 10162 U 80x40x3, ostatní části jsou z profilu ČSN EN 10219-2 40x40x2.

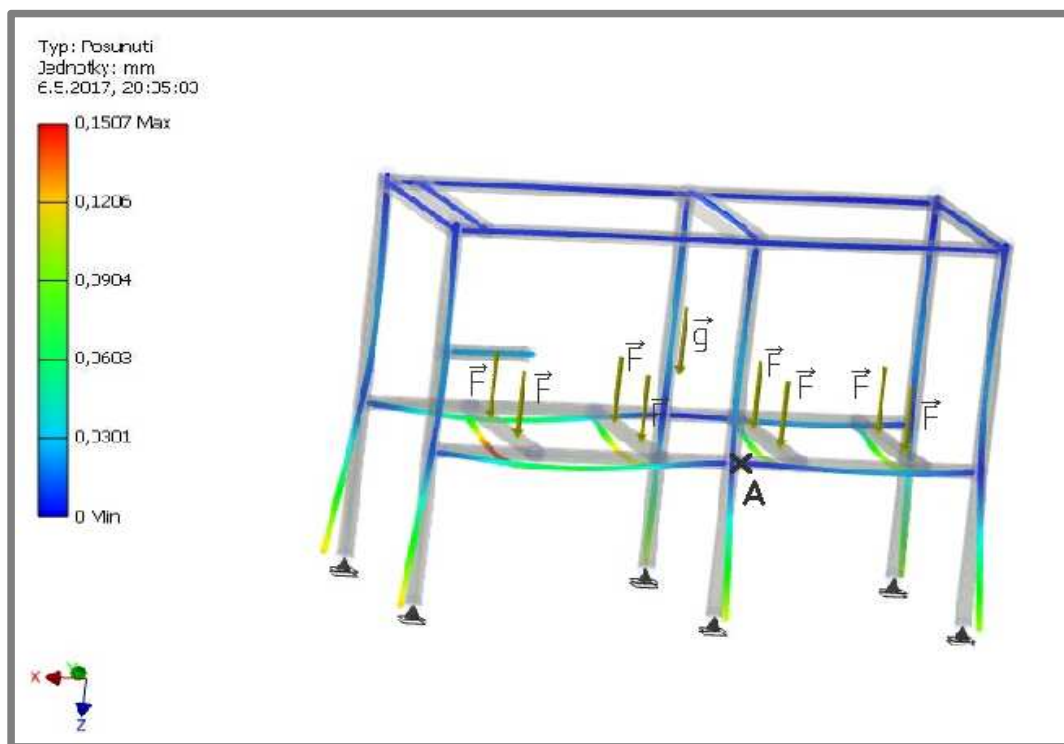


Obr. 5-2 Rám zařízení

Na horní části rámu je umístěn pracovní stůl tvořený nízkou plechovou vanou z nerezavějící oceli. Mezi otvory ve stole je umístěna otočná vodovodní baterie se sprchou na hadici. U otvoru do barvicí nádoby jsou na stole přivařeny 2 zarážky sloužící k usazení koše pro odkapání. Koš se po dokončení barvení jednoduše vytáhne, potočí o 45° a usadí do zarážek, přebytečná kapalina pak odkape zpět do barvicí nádoby. Okraje této vany zabrání stékání kapaliny ze stolu, zadní okraj je zvýšený z důvodu ochrany stěny, u které bude zařízení pravděpodobně stát, proti znečištění. Stůl je spojen s rámem sešroubováním v místech uchycení kostek pro panty víka, přes baterii a v levé části přes navařené destičky pod stolem. Stůl je součástí velkého svarku, který dále tvoří barvicí a oplachová nádoba. Díky tomu je zaručeno vodotěsné spojení stolu a nádob.

## Ověření nosnosti rámu

Pro ověření nosnosti rámu byl využit nástroj Analýza rámových konstrukcí v programu Autodesk Inventor 2016. Do výpočtu byla zahrnuta tíha vlastního rámu a zatížení nádobami zcela naplněnými vodou (viz obr. 5-3). Nožky rámu byly simulovány posuvnými vazbami.



Obr. 5-3 Zatížení a deformace rámu

Určení zatěžující síly od nádoby působící na 1 nožku nádoby:

$$F = \frac{\pi}{16} \cdot d_{in}^2 \cdot h_{kap} \cdot \rho \cdot g = \frac{\pi}{16} \cdot 0,52^2 \cdot 0,54 \cdot 1000 \cdot 9,81 \doteq 300N \quad (5-1)$$

kde:

F	N	síla působící na 1 nožku nádoby
$d_{in}$	m	vnitřní průměr nádoby
$h_{kap}$	m	výška kapaliny v nádobě
$\rho$	$kgm^{-3}$	hustota vody
g	$ms^{-2}$	tíhové zrychlení

Z analýzy rámu byl zjištěny následující hodnoty:

max. normálové napětí	$\sigma_{max} = 11,59 MPa$
max. smykové napětí ve směru x	$\tau_{x_{max}} = 1,47 MPa$
max. smykové napětí ve směru y	$\tau_{y_{max}} = 1,24 MPa$
max. průhyb	$u_{max} = 0,15 mm$

Pro následující výpočet bezpečnosti rámu byl zvolen návrhový součinitel  $k_n=1,5$ , který zahrnuje nezapočítané zatížení od dalších částí konstrukce a narušení průřezu profilů dírami. Bezpečnost k bude určována v kritickém místě A - viz obr. 17.

Určení maximálního smykového napětí:

$$\tau_{max} = \sqrt{\tau_{xmax}^2 + \tau_{ymax}^2} = \sqrt{1,47^2 + 1,24^2} \doteq 1,92 \text{ MPa} \quad (5-2)$$

$\tau_{max}$	Pa	maximální smykové napětí
$\tau_{xmax}$	Pa	maximální smykové napětí ve směru x
$\tau_{ymax}$	Pa	maximální smykové napětí ve směru y

Určení celkové bezpečnosti dle HMH [14]:

$$k = \frac{R_e}{k_n \cdot \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3\tau_{max}^2}} = \frac{207}{1,5 \cdot \sqrt{11,59^2 + 3 \cdot 1,92^2}} \doteq 11,4 \quad (5-3)$$

kde:

$k$	-	výsledná bezpečnost rámu
$k_n$	-	návrhový součinitel
$\sigma_{max}$	Pa	maximální smykové napětí
$\tau_{max}$	Pa	maximální normálové napětí
$R_e$	Pa	mez kluzu v tahu

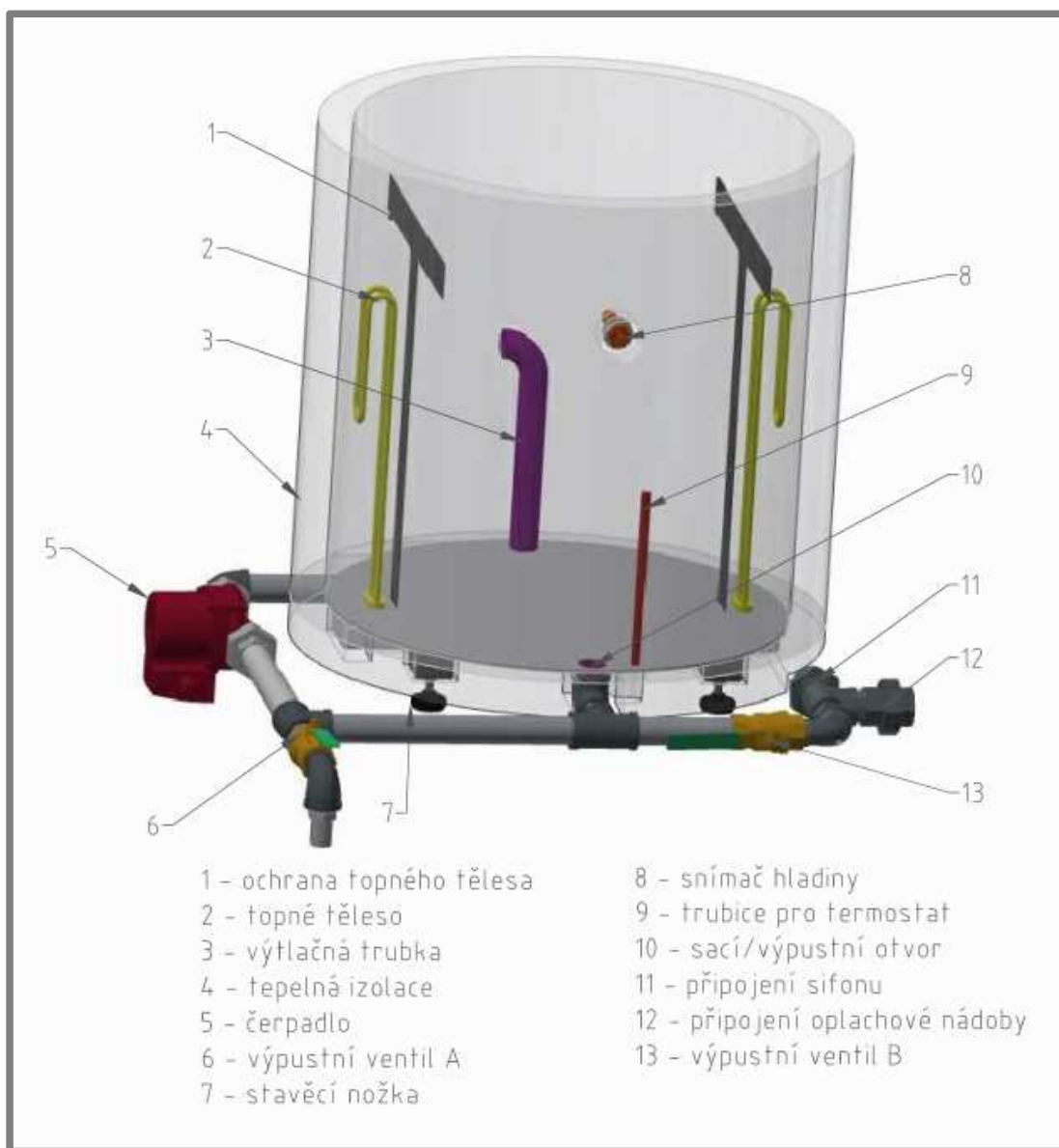
Výsledná bezpečnost je vyhovující, zjištěný max. průhyb  $u_{max}$  nemá vliv na funkci rámu.

## 5.2 Barvicí nádoba

Barvicí nádoba je vyrobena z nerezové oceli, potrubí je složeno z pozinkovaných vodovodních trubek spojených litinovými tvarovkami. Oba výpustní ventily jsou kulové, výpustní ventil A slouží k zachycení použité lázně např. do kanystru pro další použití, výpustní ventil B slouží k vypuštění lázně do kanalizace (viz obr. 5-4).

Cirkulace lázně je zajištěna čerpadlem GRUNDFOS UPS 25-40 - jedná se o třístupňové oběhové čerpadlo s max. pracovní teplotou 110°C, průtokem 40 lmin<sup>-1</sup> a příkonem při chodu na třetí stupeň 45W [15]. Výtlačná trubka čerpadla je zakončena 90° kolenem - takto je v lázni vyvoláno vířivé proudění. Ohřev lázně je zajištěn dvěma topnými tělesy bojlerového typu TATRAMAT o výkonu 2x1600W [16]. Součástí nádoby je ochrana těles proti kontaktu s košem tvořená 2 plechy tvaru písmene T. Dnem nádoby prochází trubice určená pro vložení kapilárového termostatu. Ve stěně nádoby je umístěn snímač hladiny LS03 Standard výrobce MEDER electronic [17], který slouží ke kontrole zaplavení topných těles vodou. Plášť nádoby je tepelně izolován minerální vatou tloušťky 40mm, dno nádoby je izolováno deskou z pěnového polyuretanu tloušťky 40mm. Potrubí je izolováno potrubní izolací z pěnového polyethylenu. Nádoba má stavitelné nožky, které umožní dobré dosednutí na rám - nádoba je totiž spolu se stolem a oplachovou nádobou součástí jednoho svarku.





Obr. 5-4 Barvicí nádoba

#### Určení doby ohřevu lázně

Pro určení přibližného času ohřevu lázně jsou zanedbány tepelné ztráty nádoby, jako kapalina je brána voda - přidání barviva její měrnou tepelnou kapacitu podstatně nezmění.

Teplo potřebné pro ohřátí kapaliny z 20°C na 90°C:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot d_{in}^2 \cdot h_{kap} \cdot \rho \cdot c_{kap} \cdot (t_2 - t_1) = \frac{\pi}{4} \cdot 0,52^2 \cdot 0,54 \cdot 1000 \cdot 4180 \cdot (90 - 20) = 33,56 \text{ MJ} \quad (5-4)$$

Doba ohřevu kapaliny z 20°C na 90°C:

$$\tau = \frac{Q}{P} = \frac{33,56 \cdot 10^6}{2 \cdot 1600} \doteq 175 \text{ min} \quad (5-5)$$

kde:

$Q$	J	teplo nutné pro ohřev kapaliny na požadovanou teplotu
$d_{in}$	m	vnitřní průměr nádoby
$h_{kap}$	m	výška kapaliny v nádobě
$\rho$	$\text{kgm}^{-3}$	hustota vody
$c_{kap}$	$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	měrná tepelná kapacita vody
$t_1$	$^{\circ}\text{C}$	počáteční teplota
$t_2$	$^{\circ}\text{C}$	koncová teplota
$\tau$	min	dobu ohřevu
$P$	W	výkon ohřevu

Tato doba je značně dlouhá, nabízí se proto využít možnost připojení vodovodní baterie na rozvod TUV a ohřívat již teplou vodu o menší teplotní rozdíl:

Teplo potřebné pro ohřátí kapaliny z  $50^{\circ}\text{C}$  na  $90^{\circ}\text{C}$ :

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot d_{in}^2 \cdot h_{kap} \cdot \rho \cdot c_{kap} \cdot (t_2 - t_1) = \frac{\pi}{4} \cdot 0,52^2 \cdot 0,54 \cdot 1000 \cdot 4180 \cdot (90 - 50) = 19,17 \text{ MJ} \quad (5-6)$$

Doba ohřevu kapaliny z  $50^{\circ}\text{C}$  na  $90^{\circ}\text{C}$ :

$$\tau = \frac{Q}{P} = \frac{19,17 \cdot 10^6}{2 \cdot 1600} \doteq 100 \text{ min} \quad (5-7)$$

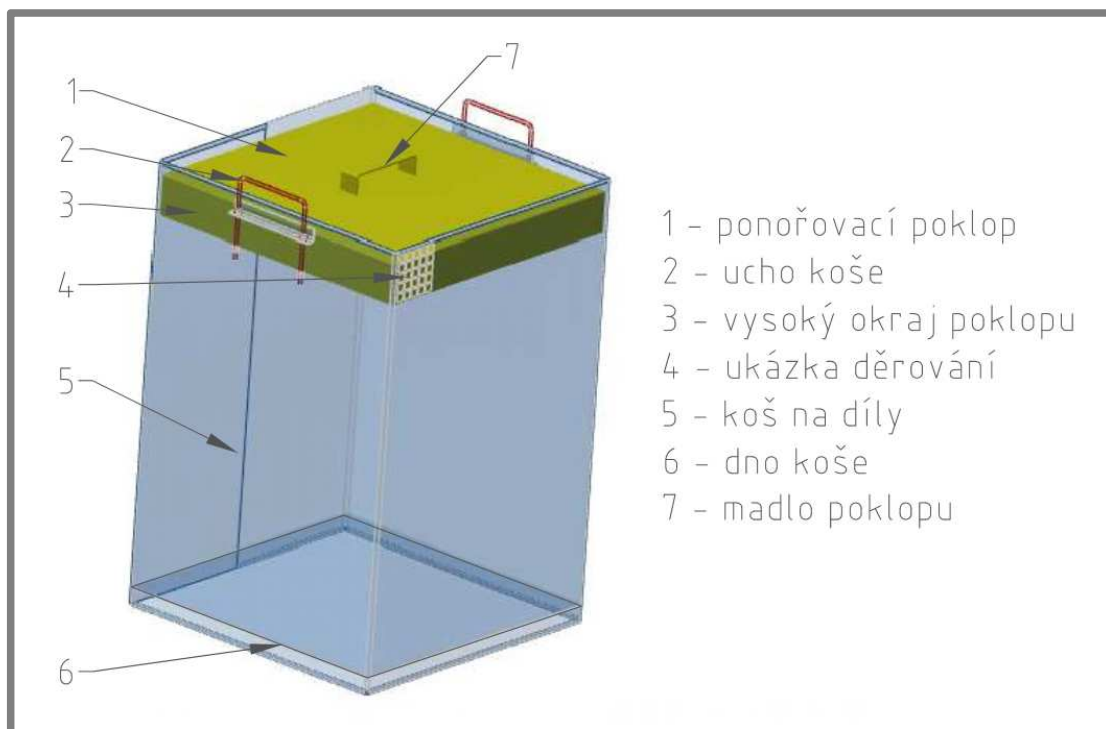
kde:

$Q$	J	teplo nutné pro ohřev kapaliny na požadovanou teplotu
$d_{in}$	m	vnitřní průměr nádoby
$h_{kap}$	m	výška kapaliny v nádobě
$\rho$	$\text{kgm}^{-3}$	hustota vody
$c_{kap}$	$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	měrná tepelná kapacita vody
$t_1$	$^{\circ}\text{C}$	počáteční teplota
$t_2$	$^{\circ}\text{C}$	koncová teplota
$\tau$	min	dobu ohřevu
$P$	W	výkon ohřevu

Tato doba ohřevu je už přijatelnější, je však nutné počítat s tím, že se doba ohřevu vlivem teplených ztrát o něco prodlouží.

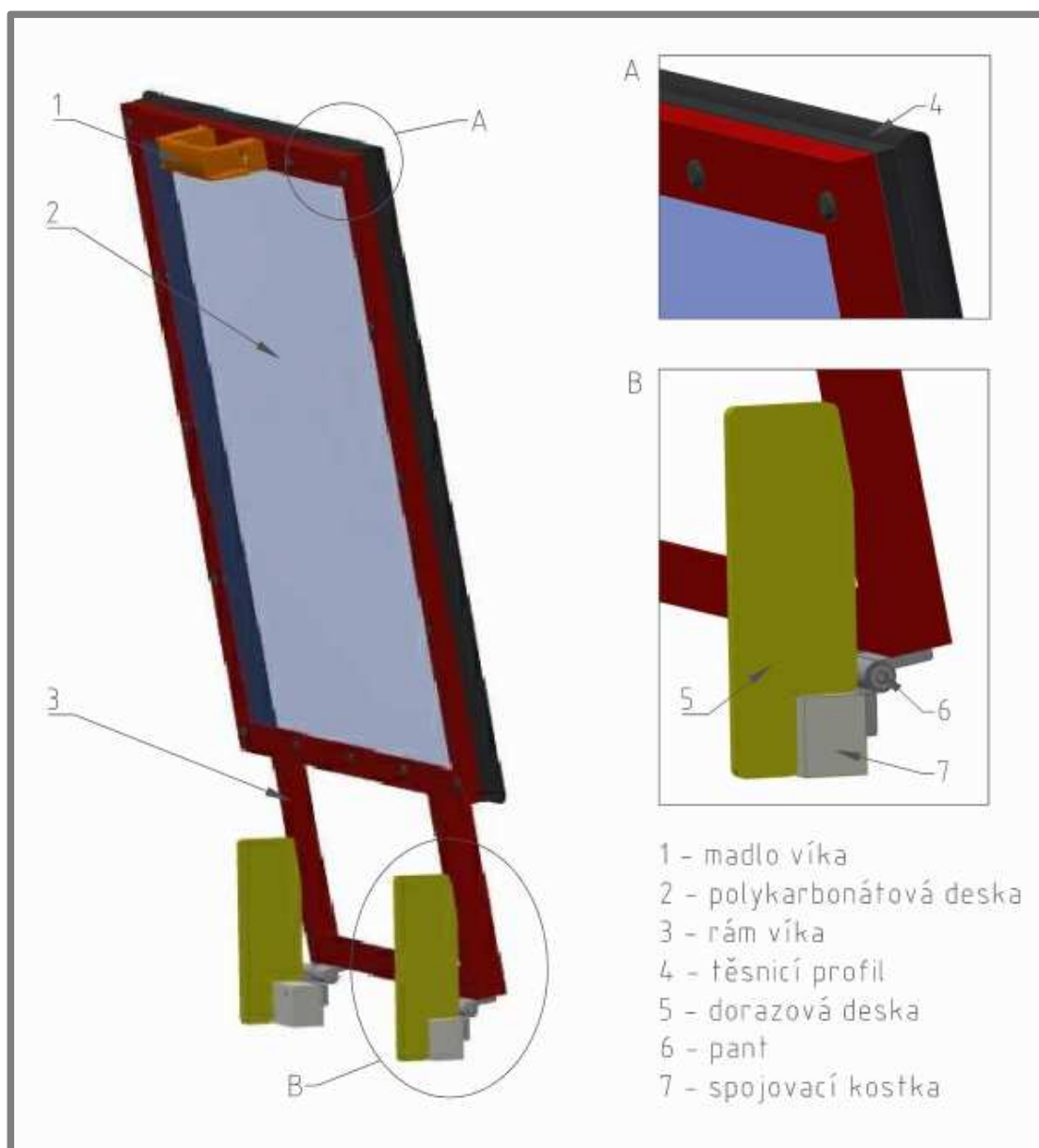
### 5.3 Koš a víko

Koš pro díly je vyroben z děrovaného nerezového plechu s okem 10x10mm. Pro manipulaci lze koš uchopit za ucha umístěná na bocích koše. Ucha jsou konstruována jako zasouvateľná pro úsporu výšky nádoby (viz obr 5-5). Pro zajištění úplného ponoření barvených dílů lze do nádoby vložit tzv. ponořovací poklop, který je vyroben rovněž z děrovaného nerezového plechu. Ponořovací poklop se s košem nijak nespojuje, je pouze položen na díly vložené v koši, překlopení brání vysoké okraje poklopu.



Obr. 5-5 Koš a ponořovací poklop

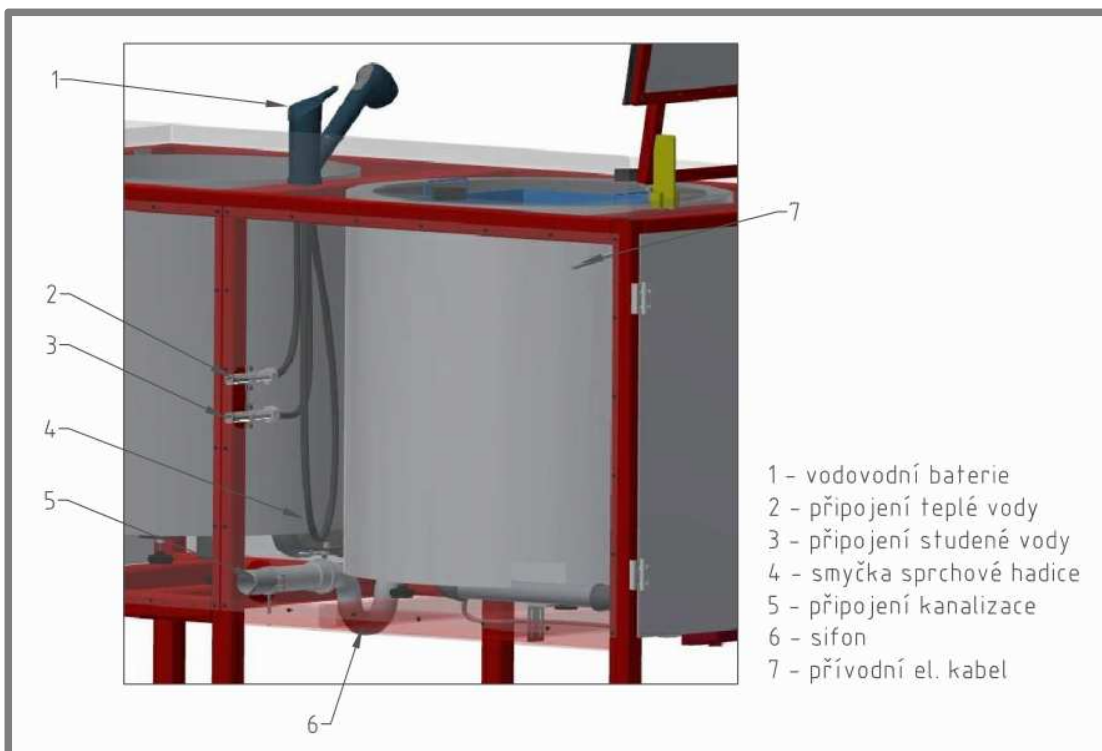
Víko se skládá z rámu svařeného z L profilů z nerezové oceli, polykarbonátové desky a madla (viz obr 5-6). Víko je na pantech, které jsou uchyceny k rámu zařízení přes stůl a kostky, ke kterým jsou přivařeny dorazové desky. Tím je zaručena stabilní poloha víka v otevřeném stavu. Na hranách L profilů dosedajících na stůl je nasunut gumový těsnicí profil *Pireli A1117* [50] bránící úniku par při zavřeném víku.



Obr. 5-6 Víko

## 5.4 Potrubí a hadice

Pro připojení vody vystupují ze zadní stěny zařízení 2 trubky pro teplou a studenou vodu o průměru 3/8". Propojení těchto krátkých trubek s dřezovou stojánkovou baterií s vytahovatelnou sprškou Paffoni Laguna [19] je uvnitř zařízení realizováno pomocí 2 připojovacích hadic s nerezovým opletením. Hadicová smyčka pro integrovanou sprchu je součástí baterie. Cirkulační potrubí barvicí nádoby a výpustní potrubí obou nádob je složeno z pozinkovaných vodovodních trubek průměru 1" a litinových tvarovek. Obě výpustní potrubí jsou spojena pomocí šroubení a T tvarovky a pomocí redukce připojena k sifonu. Sifon je vytvořen z plastové flexi hadice [18], která umožňuje snadnou montáž a čištění nebo výměnu. Sifon ústí do kusu HT trubky průměru 40mm, která slouží jako připojení ke kanalizaci. Výška osy HT trubky nad podlahou je 544mm - je tedy vhodná pro připojení do standardního odpadu umyvadla výšky 530mm a průměru 40mm (viz obr. 5-7).

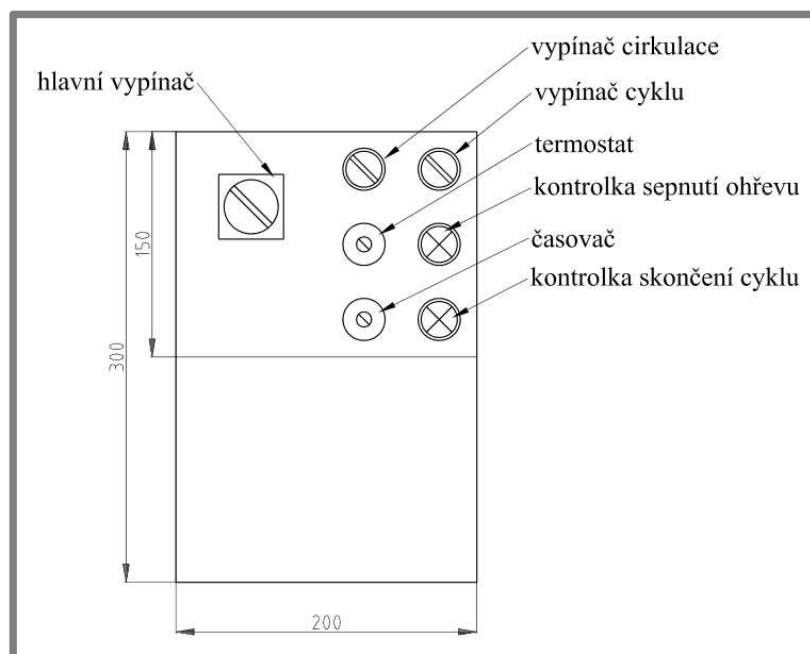


Obr. 5-7 Potrubí a připojení

## 5.5 Elektrická výstroj

5.5

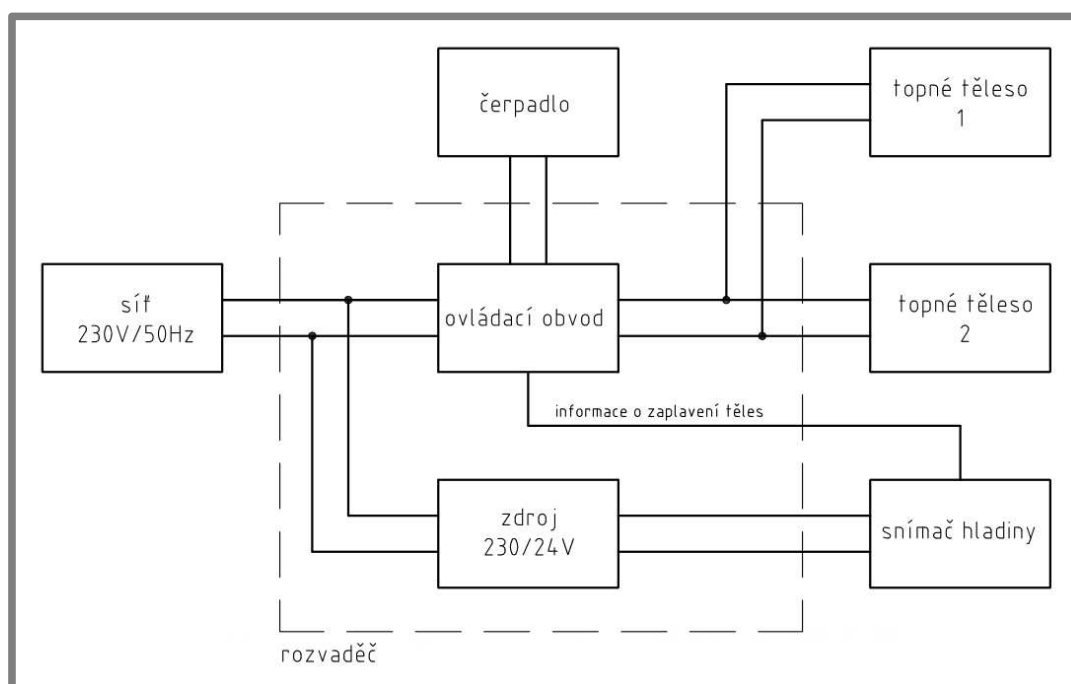
Zařízení je vybaveno elektrickým čerpadlem, topnými tělesy a snímačem hladiny. Další elektronické přístroje se nacházejí v ovládacím panelu, který plní zároveň funkci rozvaděče, který je tvořen plechovou skříní *Rittal EB* velikosti 300x200x120 mm [20].



Obr. 5-8 Návrh upořádání ovládacího panelu

Na ovládacím panelu se nachází hlavní vypínač, vypínač cirkulace (čerpadla), vypínač cyklu, nastavitelný kapilárový termostat výrobce *Conrad* [21] (samotné čidlo se nachází v trubici v barvicí nádobě, je připojeno kapilárovou trubičkou), mechanický časovač, kontrolka sepnutí ohřevu a kontrolka skončení barvicího cyklu (viz obr. 5-8). Kvůli malé hloubce rozvaděče (120mm) jsou ovládací prvky soustředěny v jeho horní polovině, dolní polovinu zabírají ostatní přístroje. Jediným ovládacím prvkem nacházejícím se mimo ovládací panel je přepínač stupňů výkonu čerpadla, který se nachází přímo na čerpadle. Tento přepínač je přístupný po otevření dvířek na levé stěně zařízení, předpokládá se však trvalé nastavení vhodného výkonového stupně.

Blokování spuštění čerpadla nebo ohřevu při nedostatečné výšce hladiny lázně v barvicí nádobě je zajištěno jednoduchým reléovým obvodem (viz blokové schéma obr. 5-9). Většina součástí zařízení je kovová, musí být proto řádně uzemněna. V rozvaděči se dále nachází jistič, proudový chránič, relé, zdroj ovládacího napětí 24V a svorkovnice. Na svorkovnici je přiveden přívodní kabel se standardní vidlicí 230V/16A, kabely od topných těles, čerpadla a snímače hladiny. Na čerpadle je kabel zapojen do integrované svorkovnice, kabely k topným tělesům jsou zapojeny do elektroinstalačních krabic [22] umístěných na dně barvicí nádoby. Tyto krabice mají ve dně otvory, kterými prochází vývody topných těles s plochými kontakty, krabice zabráňují dotyku s těmito kontakty. Kabel ke snímači hladiny je součástí snímače.



Obr. 5-9 Blokové schéma zapojení

#### Určení celkového příkonu zařízení

Celkový příkon zařízení tvoří kromě čerpadla a topných těles ještě zdroj ovládacího napětí, jehož příkon byl odhadnut na nejvýše 100W.

$$P_{celk} = P_{\check{c}} + 2 \cdot P_t + P_z = 45 + 2 \cdot 1600 + 100 = 3345 \text{ W} \quad (5-8)$$

Maximální proud odebíraný zařízením

$$I_{max} = \frac{P_{celk}}{U} = \frac{3345}{230} \doteq 14,54 \text{ A} \quad (5-9)$$

kde:

$P_{celk}$	W	celkový příkon zařízení
$P_{\check{c}}$	W	příkon čerpadla
$P_t$	W	příkon topného tělesa
$P_z$	W	odhadovaný příkon zdroje
$I_{max}$	A	maximální proud odebíraný zařízením

## 5.6 Kalkulace nákladů

---

5.6

Byla provedena přibližná kalkulace materiálových nákladů, které byly vyčísleny asi na 23 200 Kč včetně DPH - viz přílohu X. U hutních polotovarů a izolací byla započítána rezerva 10% kvůli prořezu apod. Do této kalkulace nejsou zahrnuty elektrické přístroje a elektroinstalační materiál vyjma prvků přímo spojených s barvicí nádobou. Pro přepočet cen z eur na české koruny byl použit kurz 1EUR=26,5CZK. Skutečná výše materiálových nákladů se však může lišit až o 15% podle dodavatele a nutnosti odběru např. určitého minimálního množství daného materiálu.

## 6 DISKUZE

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem automatizovaného zařízení pro barvení plastových dílů vyrobených pomocí technologie SLS. Řešení je inspirováno současnými profesionálními stroji, jejichž parametry byly zjištěny a popsány v rešeršní části. Řešení bylo zaměřeno na maximální jednoduchost a odolnost zařízení, proto byl zvolen ohřev za atmosférického tlaku. Tímto se navržené řešení podstatně liší od profesionálních strojů.

Pro ověření dosažitelných výsledků při atmosférickém ohřevu byla provedena jednoduchá zkouška barvení, jejíž výsledek byl uspokojivý. Pro úplné poznání možností barvení by však bylo vhodné provést více zkoušek, zaměřených zejména na barvení při jiných teplotách, různých koncentracích barviva nebo použití barviv od dalších výrobců.

Byla navržena 3 koncepční řešení zařízení, s ohledem na získané poznatky o barvení bylo vybráno řešení *samostatně stojící zařízení se dvěma nádobami*. Toto řešení umožňuje nejlépe splnit doporučený postup barvení. Řešení *stolní zařízení* bylo zamítnuto kvůli malému přínosu pro uživatele ve srovnání s použitím běžného laboratorního vybavení. Řešení *samostatně stojící zařízení s jednou nádobou* bylo také zamítnuto, neboť nabízí horší podmínky pro práci než výsledné řešení. Pokud by však bylo nutné snížit výrobní náklady, bylo by toto řešení dobrým kompromisem.

Hlavní části vypracovaného konstrukčního řešení představuje rám, barvicí nádoba a oplachová nádoba. Rám je navržen jako svařovaný z ocelových profilů, jeho celková bezpečnost při zatížení je vysoká, rám je tedy předimenzovaný. Bylo by proto možné upravit konstrukci rámu tak, aby byl materiál lépe využit, případně prověřit možnost stavby rámu z prefabrikovaných hliníkových profilů. Rám nedochází do přímého styku s vodou, je proto vyroben z běžné konstrukční oceli a antikorozi ochrana je zajištěna práškovým lakem. Konstrukce rámu z nerezové oceli byla zamítnuta z důvodu vyšší ceny a horší svařitelnosti, další alternativou je možnost žárového pozinkování rámu z konstrukční oceli.

Barvicí i oplachová nádoba je vyrobena z nerezové oceli, byl zvolen válcový tvar nádoby a kvádrový tvar koše, neboť umožní vytvořit v nádobě vířivé proudění a poskytne dostatek prostoru pro umístění topných těles a dalších prvků. Další možnou variantu představuje válcový koš i nádoba, zde by však bylo nutné počítat s komplikovanějším umístěním topných těles a dalších prvků. Pro míchání lázně bylo použito oběhové čerpadlo, které je levné a spolehlivé. Pro odstranění části potrubí a zmenšení půdorysu zařízení by bylo možné zajistit míchání vrtulí poháněnou elektromotorem umístěným vertikálně pod nádobou.

Celé zařízení je vzhledem k vysoké hmotnosti (220kg bez kapalin) umístěno na stavitelných nožkách, pojezdová kola nebyla navržena také proto, že zařízení má 6 noh a některé kola by pravděpodobně nedosedala dobře na zem.

Všechny ovládací prvky zařízení jsou umístěny na plechové skříni sloužící současně jako ovládací panel i rozvaděč. Toto řešení bylo zvoleno kvůli úspoře



elektroinstalačního materiálu, alternativně by mohl být ovládací panel samostatný, umístěný např. na konzole nad pracovním stolem. Jelikož jsou všechny parametry barvicího procesu nastavovány ručně, není zařízení vybaveno žádnou řídicí jednotkou, blokování spuštění při nedostatečné výšce hladiny je zajištěno jednoduchým reléovým obvodem - použití řídicího systému bylo zamítnuto jako neopodstatněné.

## 7 ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo vytvořit konstrukční návrh automatizovaného zařízení pro barvení plastových dílů vyrobených pomocí technologie SLS. Tento cíl byl, stejně jako všechny dílčí cíle práce, úspěšně splněn.

Úvodní část práce obsahuje přehled technologií povrchových úprav vhodných pro SLS díly, popis současných barvicích zařízení a rozbor technologie barvení ponorem. V koncepční části byla navržena 3 řešení, zvolené řešení bylo podrobně vypracováno v 5. kapitole. Na konci koncepční části jsou sepsány poznatky získané z provedené zkoušky barvení. Byl vytvořen podrobný 3D model celého zařízení v programu Autodesk Inventor Professional, kromě toho byly vytvořeny i výkresy vybraných sestav.

Navržené zařízení sice splňuje cíle zadání, je zde však řada možností, jak ho vylepšit. Možná vylepšení by měla směřovat zejména ke zvýšení automatizace provozu. Automaticky by mohla být zajištěna manipulace s košem, dávkování barviva, vypouštění a napouštění vody nebo čištění nádob. Místo gravitačního vypouštění nádob by mohlo být použito vhodné čerpadlo, což by umožnilo snížit výšku zařízení. Zásadní změnu by pak představovalo použití přetlakové barvicí nádoby, která by zařízení posunula prakticky na úroveň profesionálních zařízení.

Myslím si, že navržené zařízení vhodně vyplňuje mezeru na trhu mezi profesionálními stroji a amatérským postupem. Vzhledem ke své jednoduchosti je snadno vyrobitelné a také odolné opotřebení v provozu. Může proto pracovat ke spokojenosti svého provozovatele.

**8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ****8**

---

- [1] Post processing for SLS printed parts. *3D HUBS* [online]. ©2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/post-processing-sls-printed-parts>
- [2] SLS 3D Printing service. *3SPACE* [online]. ©2013-2016 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://3space.us/services/3d-printing/sls/>
- [3] Selective Laser Sintering. *3D-TISK* [online]. ©2014 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/selective-laser-sintering/>
- [4] POWERSHOT S. *DyeMansion* [online]. [cit 2017-04-10]. Dostupné z: <http://dyemansion.de/powershot-s/>
- [5] DM60. *DyeMansion* [online]. [cit 2017-04-10]. Dostupné z: <http://dyemansion.de/loesungen/faerbung/dm60/>
- [6] Sie treiben´s bunt. *ADDITIVE-FERTIGUNG* [online]. ©2016 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z [http://www.additive-fertigung.at/detail/sie-treiben%C2%B4s-bunt\\_126483](http://www.additive-fertigung.at/detail/sie-treiben%C2%B4s-bunt_126483)
- [7] Färbeanlage sm@rt e-coloring. *CIPRES* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.cipres.biz/de/faerbeanlage/>
- [8] Lanaset Black B. *LookChem* [online]. © 2008 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: [http://www.lookchem.com/msds/40623/70236-55-4\\_Chromate-2--1--2--2--hydroxy-kO--3-5-dinitrophenyl.html](http://www.lookchem.com/msds/40623/70236-55-4_Chromate-2--1--2--2--hydroxy-kO--3-5-dinitrophenyl.html)
- [9] Dyeing SLS Parts. *Research Online* [online]. © 2014 [cit 2017-04-10]. Dostupné z: <https://research.gold.ac.uk/11419/1/Dyeing%20SLS%20Parts%20-%20Interaction%20Research%20Studio.pdf>
- [10] Kolorierung von Kunststoff-Laser-Sinterteilen. *CIPRES* [online]. ©2011 [cit. 2017-04-16] Dostupné z: [http://www.cipres.biz/wp-content/uploads/2015/11/CIPRES\\_e-coloring.pdf](http://www.cipres.biz/wp-content/uploads/2015/11/CIPRES_e-coloring.pdf)
- [11] LANASET dyes. *HUNTSMAN* [online]. ©2007 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.textile-dyes.co.uk/lanaset.pdf>
- [12] iDye. *JACQUARD* [online]. ©2012 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.jacquardproducts.com/idye.html>
- [13] Jacquard iDye Poly - Rit Replacement. *DG Course Review* [online]. ©2000-2017 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <https://www.dgcoursereview.com/forums/showthread.php?t=43518>

- [14] Shigley, Joseph. *Konstruování strojních součástí*. První vydání. Brno: VUTUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0
- [15] UPS 25-40 N 180. *Grundfos* [online]. [cit 2017-05-14]. Dostupné z: <http://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?productnumber=96913060&qcid=149143369>
- [16] Tatramat přírubové topné těleso pro bojler - niklované, bojler. *ELNY* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.elny.cz/tatramat-topne-teleso-1600w-prirubove-pro-bojler-niklovane-bojler/d-72869/>
- [17] LS03 Series. *TME Electronic Components* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/92065f271359eaba664d45ba3728eea4/LS03.PDF>
- [18] Flexi dopojení s kovovou matkou. *plastbrno* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.plastbrno.cz/flexi-dopojeni-s-kovovou-matkou>
- [19] Dřezová baterie stojánková Paffoni Laguna, s vytahovací sprškou, 2 proudy. *SIKO koupelny, kuchyně* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.siko.cz/kuchyne/drezove-baterie/drezove-baterie-stojankove/drezova-baterie-stojankova-paffoni-laguna-s-vytahovaci-sprskou-2-proudy/zbozi/la183>
- [20] E-boxy EB. *Rittal The System* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.rittal.com/cz-cs/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0003SCHRANK1/PRO0019SCHRANK&productID=1554500>
- [21] Vestavný termostat 0 až 120°C. *fonetip* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.fonetip.cz/vestavny-termostat-0-az-120-c-p88368#Popis>
- [22] ABB 00810 krabice s vývodkami. *TRECO* [online]. ©2014 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.treco.cz/produkt/krabice-s-vyvodkami-ip44-80x80x40-00810>
- [23] Jekl čtvercový 40x40x4mm. *Dama* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.idama.cz/hutni-material/jekl-ctvercovy-40-x-40-x-4-mm-detail-36045>
- [24] Jekl čtvercový 40x40x2mm. *Dama* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.idama.cz/hutni-material/jekl-ctvercovy-40-x-40-x-2-mm-detail-35226>
- [25] Jekl otevřený U 80x40x4mm. *Dama* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.idama.cz/hutni-material/jekl-otevreny-u-80-x-40-x-4-mm-detail-36070>

- [26] Plech 3x1000x2000mm. *NEREZOMAT* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.eshop-rychle.cz/www-nerezocel-cz/eshop/1-1-PLECHY/0/5/410-3x1000x2000-mm-jakost-17240-1D>
- [27] Plech 2x1000x2000mm. *NEREZOMAT* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.eshop-rychle.cz/www-nerezocel-cz/eshop/1-1-PLECHY/0/5/996-2x1000x2000-mm-jakost-17041-BA>
- [28] Děrovaný plech 1,0x1000x2000mm. *EPLECHY.CZ* [online]. ©2015 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.eplechy.cz/eshop/1-0-x-1000-x-2000-qg-10-14-derovany-plech-nerez-1-4301-1-4307-287.html>
- [29] Plech černý za studena 1 mm (1x2m). *Dama* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.idama.cz/hutni-material/plech-cerny-za-studena-1-mm-1x2m-detail-35813>
- [30] Plech černý za studena 2 mm (1x2m). *Dama* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.idama.cz/hutni-material/plech-cerny-za-studena-2-mm-1x2m-detail-35820>
- [31] Trubka 33,7x3 mm (1´´). *NEREZOMAT* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.eshop-rychle.cz/www-nerezocel-cz/eshop/2-1-TRUBKY/0/5/818-33-7x3-mm-1-trubka-jakost-17240/description#anch1>
- [32] Trubka 10x1mm. *NEREZOMAT* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.eshop-rychle.cz/www-nerezocel-cz/eshop/2-1-TRUBKY/0/5/765-10x1-mm-trubka-jakost-17240>
- [33] Profil L nerezový 20x20x3mm. *Dama* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.idama.cz/hutni-material/profil-l-nerezovy-20-x-20-x-3-mm-detail-36210>
- [34] Plochá ocel 30x3mm válcovaná. *Dama* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.idama.cz/hutni-material/plocha-ocel-30-x-3-mm-valcovana-detail-36414>
- [35] Trubka pozinkovaná svařovaná 1´´. *Dama* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.idama.cz/hutni-material/trubka-pozinkovana-svarovana-1-33-70x3-25mm-detail-35986>
- [36] Armatury; Tvarovky a fitinky. *TOPENILEVNE* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/>
- [37] HT trubky. *plastbrno* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.plastbrno.cz/htem-odpadni-trubky>

- [38] Objímka dvoušroubová FRS 40-46mm. *Metalfix* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.metalfix.cz/objimka-dvousroubova-frs-40-46mm-5-4-m8/d-3263/>
- [39] Flexi hadice nerezová 3/8". *TRIKER* [online]. ©1993-2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://triker.cz/p-551990000030/Flexi-hadice-nerezova-3-8-x-3-8-mm-500-mm/>
- [40] Trubka svařovaná pozinkovaná 3/8". *Ferona* [online]. ©1993-2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://eshop.ferona.cz/detail/26248/trubka-svarovana-zavitova-pozinkovana-rada-m-en-10255-a1-bez-zavitu-a-natrubku-3-8-svetlost-10>
- [41] Objímka dvoušroubová FRS 15-19mm. *Metalfix* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.metalfix.cz/objimka-dvousroubova-frs-15-19mm-3-8-m8/d-3259/>
- [42] Grundfos UPS 25-40. *loskotlos* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.loskotlos.cz/product/cerpadla/obehova/grundfos-ups-25-40/1114>
- [43] Minerální vata DEKWOOL DW. *DEK stavebniny* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/detail/1456001000-dekwool-dw-r-roll-40mm-sire-625mm-15m2-bal>
- [44] Pěnový polyuretan PIR. *BACHL* [online]. ©2014 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.bachl.cz/produkty/penovy-polyuretan-pir/>
- [45] TUBEX ceník izolací. *SPUR* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.spur.cz/uploads/files/cenik-2015.pdf>
- [46] Polykarbonátová deska plná MAKROLIFE 5mm. *DEK stavebniny* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/110302239150/?HissuCode=UPCN19-B-36>
- [47] Nylon Handles. *MISUMI* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/detail/1815101475-pc-plny-makrolife-5mm-cira-2050x3050-uv?lm=2750>
- [48] Detachable Hinges (Aluminum). *MISUMI* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/110302363660/?HissuCode=HHPNL5>
- [49] Zámek do rozvaděče Al 1. *železárství-az* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.zelezarstvi-az.cz/cz/e-shop/963038/c48265-zamky-rozvadecove-zapadky-prislusenstvi/zamek-do-rozvadece-al-1-rozvadecovy-zamek-spanlidokov-span.html>

- [50] Leveler FJB Type. *MISUMI* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/221000392773/>
- [51] U profil Pireli s horním těsněním. *GUMEX* [online] ©2015 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/u-profil-pireli-s-hornim-tesnenim-14968.html#prettyPhoto>
- [52] Spojovací materiál. *spojovací-materiál* [online] ©2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/>
- [53] DyeMansion Launches SLS Coloring System at formnext. *3D PRINTING INDUSTRY* [online] ©2017 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/news/dyemansion-launches-sls-coloring-system-at-formnext-62003/>

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

ČSN	česká technická norma
SLS	selective laser sintering
TUV	teplá užitková voda
UV	ultrafialový

F	N	síla působící na 1 nožku nádoby
$d_{in}$	m	vnitřní průměr nádoby
$h_{kap}$	m	výška kapaliny v nádobě
$\rho$	$\text{kgm}^{-3}$	hustota vody
g	$\text{ms}^{-2}$	tíhové zrychlení
$\sigma_{max}$	Pa	maximální normálové napětí
$\tau_{xmax}$	Pa	maximální smykové napětí ve směru x
$\tau_{ymax}$	Pa	maximální smykové napětí ve směru y
$\tau_{max}$	Pa	maximální smykové napětí
$u_{max}$	m	maximální průhyb
$k_n$	-	návrhový součinitel
k	-	výsledná bezpečnost rámu
$\sigma_{max}$	Pa	maximální smykové napětí
$\tau_{max}$	Pa	maximální normálové napětí
Re	Pa	mez kluzu v tahu
Q	J	teplo nutné pro ohřev kapaliny na požadovanou teplotu
$d_{in}$	m	vnitřní průměr nádoby
$c_{kap}$	$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	měrná tepelná kapacita vody
$t_1$	$^{\circ}\text{C}$	počáteční teplota
$t_2$	$^{\circ}\text{C}$	koncová teplota
$\tau$	min	doba ohřevu
P	W	výkon ohřevu
$P_{celk}$	W	celkový příkon zařízení
$P_{\check{c}}$	W	příkon čerpadla
$P_t$	W	příkon topného tělesa
$P_z$	W	odhadovaný příkon zdroje
$I_{max}$	A	maximální proud odebíraný zařízením



**10 SEZNAM OBRÁZKŮ**

<b>Obr. 1-1</b>	SLS díly nabarvené máčením [1] .....	14
<b>Obr. 2-1</b>	Neupravený SLS díl [2] .....	15
<b>Obr. 2-2</b>	Stroj DM60 [5] .....	17
<b>Obr. 2-3</b>	Nádoba DM60 [5] .....	18
<b>Obr. 2-4</b>	Koš na díly DM60 [53] .....	18
<b>Obr. 2-5</b>	Stroj Cipres - uspořádání modulů do řady a centrálně [7] .....	19
<b>Obr. 2-6</b>	Balení barviva iDye Poly [13].....	21
<b>Obr. 2-7</b>	Barvení dílů v kuchyňském ohříváči [9].....	21
<b>Obr. 4-1</b>	Náčrt stolního zařízení .....	24
<b>Obr. 4-2</b>	Náčrt zařízení s jednou nádobou .....	25
<b>Obr. 4-3</b>	Náčrt zařízení se dvěma nádobami .....	26
<b>Obr. 4-4</b>	Zkouška postupu barvení .....	27
<b>Obr. 4-5</b>	Hloubka probarvení vzorku.....	28
<b>Obr. 4-6</b>	Různé dosažené odstíny barvy .....	28
<b>Obr. 5-1</b>	Hlavní části zařízení.....	29
<b>Obr. 5-2</b>	Rám zařízení .....	30
<b>Obr. 5-3</b>	Zatížení a deformace rámu.....	31
<b>Obr. 5-4</b>	Barvicí nádoba .....	33
<b>Obr. 5-5</b>	Koš a ponořovací poklop .....	35
<b>Obr. 5-6</b>	Víko.....	36
<b>Obr. 5-7</b>	Potrubí a připojení.....	37
<b>Obr. 5-8</b>	Návrh upořádání ovládacího panelu .....	37
<b>Obr. 5-9</b>	Blokové schéma zapojení.....	38

---

## 11 SEZNAM PŘÍLOH

I. Vizualizace zařízení.....	51
II. Doporučený postup barvení od fy One3D .....	52
III. Technický list čerpadla Grundfos UPS 25-40 .....	53
IV. Katalogové listy snímače hladiny LS03 Series .....	54
V. Katalogové listy rozvaděče Rittal .....	56
VI. Náčrt vodovodní baterie Paffoni Laguna.....	58
VII. Katalogový list madla UPCN .....	59
VIII. Katalogový list pantu HHPNL.....	60
IX. Katalogový list flexi dopojení (sifon).....	61
X. Materiálová kalkulace .....	62

Výkresová dokumentace:

Celkový výkres sestavení	ZBD-01-00
--------------------------	-----------

Výkres svarku rámu	ZBD-02-00
--------------------	-----------

## I. Vizualizace zařízení



## II. Doporučený postup barvení od fy One3D



### Barvení SLS dílů

#### Metoda barvení máčením - postup

K chemickému barvení dílů namáčením do barev dochází za specifických teplotních a tlakových podmínek v hrnci. Barvicí roztok tvoří voda a barvicí pigment v podobě prášku nebo kapaliny. Díky pórovitosti materiálu se díly probarví do hloubky zhruba **0,5 - 0,7 mm**, čímž je u dílů dosažena dostatečná míra otěruvzdornosti barvy.

#### Použitý materiál

Pro výrobu vzorků byl zvolen **základní materiál PA2200**, který disponuje čistě bílou barvou vyrobených surových dílů. K barvení SLS dílů byly použity převážně práškové barvy **I-Dye Poly** pro syntetické materiály.

#### Postup při barvení máčením

Barvení probíhá metodou máčení v tlakovém hrnci nebo nerezové nádobě, ve kterém je ohřívána voda. Po jejím zahřátí na požadovanou teplotu **80 °C** se do nádoby přimíchá barvivo. Díly jsou před vložením do barvicí lázně očištěny pod teplou tekoucí vodou od odpadního prášku a dalších nečistot. V případě mastnot je použit i čisticí prostředek na jejich odstranění. Podmínkou pro homogenní obarvení je úplné ponoření dílů. Aby byly díly zcela ponořené, vloží se do nádoby kryt, který zabráňuje jejich vynoření. Lázeň s díly se pak po dobu **0,5 hod** udržuje na teplotě **80-95 °C**. Teplota vody se během doby zahřívání reguluje a kontroluje pomocí teploměru. Po skončení procesu barvení se voda nechá minimálně 15 minut vychladnout a po vyjmutí dílů z vody se opět barvené kusy omyjí a ponechají ve studené vodě 30 minut odležet. Na závěr se díly ofoukají a nechají oschnout do konečné podoby.



Obr 1. Ukázka výsledného povrchu dílu

One3D s.r.o.  
Boženy Němcové 708/11  
Mohelnice 789 85

IČ 035 54 538  
DIČ CZ03554538

info@one3d.cz  
www.one3d.cz

1

## III. Technický list čerpadla Grundfos UPS 25-40

# GRUNDFOS

15.5.2017

Název výrobku: UPS 25-40 N 180  
Číslo výrobku: 96913060  
EAN kód: 5700313543083

Počet otáček: 3  
Max. dopravní výška: 40 dm  
Teplotní třída TF: 110  
Schval. značky na typovém štítku: CE, VDE

Těleso čerpadla: Korozivzdorná ocel  
Oběžné kolo: Kompozit, PES/PP

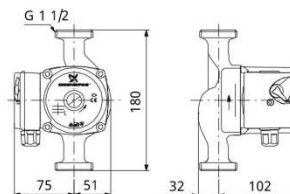
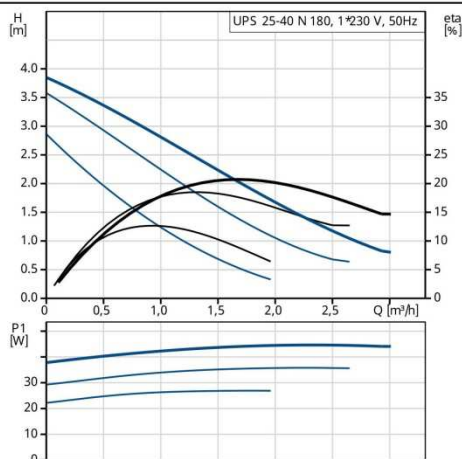
Max. okol. teplota při 80 °C kapaliny: 40 °C  
Max. provozní tlak: 10 bar  
Potrubní přípojka: G 1 1/2  
PN pro potrubní přípojku: PN 10  
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem: 180 mm

Čerpaná kapalina: Voda  
Rozsah teploty kapaliny: 2 .. 110 °C  
Q<sub>OpFluidTemp</sub>: 60 °C  
Hustota: 983.2 kg/m³

C run: 1.5 µF  
Příkon pro otáčkový stupeň 1: 25 W  
Příkon pro otáčkový stupeň 2: 35 W  
Příkon pro otáčkový stupeň 3: 45 W  
Frekvence el. sítě: 50 Hz  
Jmenovité napětí: 1 x 230 V  
El. proud pro otáčky 1: 0.12 A  
El. proud pro otáčky 2: 0.16 A  
Proud - otáčky 3: 0.2 A  
Velikost kondenzátoru - provoz: 1.5 µF  
Krytí (IEC 34-5): IP44  
Třída izolace (IEC 85): F  
Motorová ochrana: Žádný  
Teplotní ochrana: Impedančně chráněno

Poloha svorkovnice: 9H

Čistá hmotnost: 2.9 kg  
Hrubá hmotnost: 3.1 kg  
Převrácení objemu: 0.004 m³  
Danish VVS No.: VVS NO 38 0481.041  
Swedish RSK No.: RSK NO 5803098



## IV. Katalogové listy snímače hladiny LS03 Series

MEDER electronic

LS03 Series

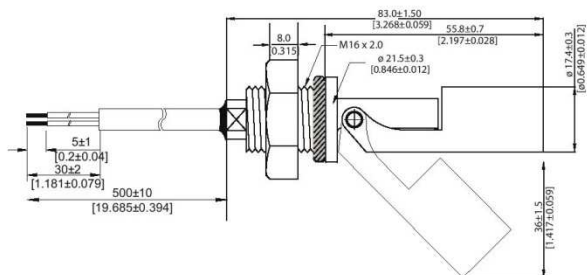
Level Sensors with  
Magnetic Floats

## VERSIONS &amp; DIMENSIONS

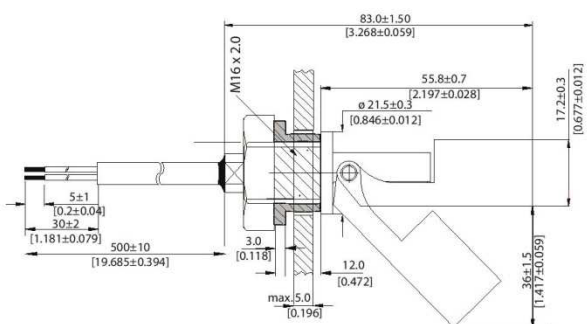
All dimensions in mm [inch]

**Standard**

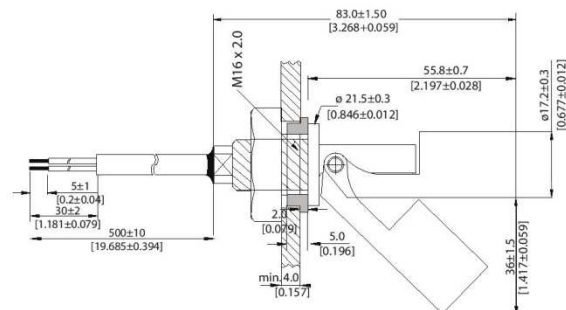
- Mounting from inside, thread M16 x 2.0
- Insertion hole:  $\varnothing$  16.5 mm
- Sealing from inside with O-ring.

**DL Type**

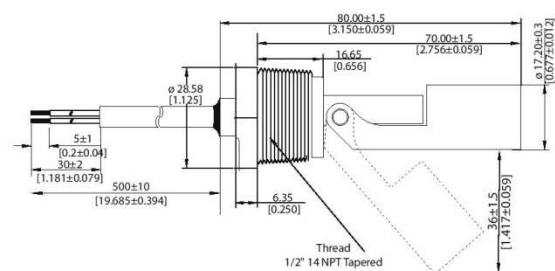
- Mounting from outside, thread M16 x 2.0
- Insertion hole:  $\varnothing$  22 mm - 24mm
- 12 mm wide sealing, suitable for low filling pressure
- Wall thickness max. 5 mm

**DK Type**

- Mounting from outside, thread M16 x 2.0
- Insertion hole:  $\varnothing$  22 mm
- 5 mm narrow sealing, suitable for high filling pressure
- Wall thickness min. 4 mm

**GZ Type**

- Mounting from outside, tapered thread 1/2" (no sealing necessary)
- Insertion hole: 1/2" thread



www.meder.com

299

**LS03 Series****MEDER electronic****Level Sensors with  
Magnetic Floats****CONTACT DATA**

All Data at 20° C	Switch Model → Contact Form →	Switch 66 Form A			Switch 85 Form A			
Contact Ratings	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Units
Switching Power	Any DC combination of V & A not to exceed their individual max.'s			10			100	W
Switching Voltage	DC or peak AC			200			1000	V
Switching Current	DC or peak AC			0.5			1.0	A
Carry Current	DC or peak AC			1.25			2.5	A
Static Contact Resistance	w/ 0.5 V & 10 mA			150			150	mΩ
Dynamic Contact Resistance	Measured w/ 0.5 V & 50 mA , 1.5 ms after closure			200			200	mΩ
Insulation Resistance across Contacts	100 volts applied	10 <sup>10</sup> *			10 <sup>11</sup>			Ω
Breakdown Voltage across Contact	Voltage applied for 60 sec. min.	225 *			700			VDC
Operation Time incl. Bounce	Measured w/ 50 % overdrive			0.5			1.0	ms
Release Time	Measured w/ no coil suppression			0.1			0.1	ms
Capacitance	at 10 kHz cross contact		0.2			0.7		pF
<b>Environmental Data</b>								
Shock Resistance	1/2 sinus wave duration 11 ms			50			50	g
Vibration Resistance	From 10 - 2000 Hz			20			20	g
Ambient Temperature	10°C/ minute max. allowable	-20		90	-20		130	°C
Stock Temperature	10°C/ minute max. allowable	-20		100	-55		130	°C
Soldering Temperature	5 sec. dwell			260			260	°C
Please note: The indicated electrical data are maximum values and can vary downwards when using a more sensitive switch. * Insulation resistance of 10 <sup>12</sup> and breakdown voltage of 480 VDC is available. These ranges refer to the uncut / unmodified Reed Switches described in our Reed Switch section. Consult factory if more detail is required.								

www.meder.com



## V. Katalogové listy rozvaděče Rittal

## E-boxy EB



Systémové příslušenství strana 507

**Materiál:**

- Skříň a dveře: Ocelový plech, polyuretanové pěnové těsnění po celém obvodu

**Povrch:**

- Skříňka a dveře: základní barva nanesená máčením, z vnější strany strukturovaná prášková barva
- Montážní deska: pozinkovaná

**Barva:**

- RAL 7035

**Stupeň krytí IP dle normy****IEC 60 529:**

- IP 66

**Stupeň krytí NEMA:**

- NEMA 4

**Rozsah dodávky:**

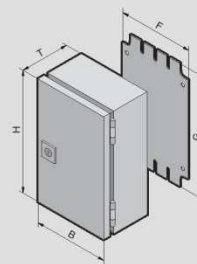
- Skříňka s dveřmi se závěsy
- Závěs 180°
- Otočný uzávěr s uzavírací vložkou Doppelbart 3 mm
- Montážní deska

**Certifikáty:**

- UL
- CSA
- TÜV
- Germanischer Lloyd
- Russian Maritime Register of Shipping
- Lloyds Register of Shipping
- Bureau Veritas
- VDE

**Technika v detailu:**

Naleznete na internetu



## Hloubka 80 mm

Šířka (B) mm	Balení	150	150	200	200	200	Strana
Výška (H) mm		150	300	200	300	400	
Hloubka (T) mm		80	80	80	80	80	
Šířka montážní desky (F) mm		125	125	175	175	175	
Výška montážní desky (G) mm		135	285	185	285	385	
Tloušťka materiálu skříně mm		1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	
Tloušťka materiálu dveří mm		1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	
<b>Obj. č.</b>	1 ks	<b>1551.500</b>	<b>1545.500</b>	<b>1546.500</b>	<b>1552.500</b>	<b>1547.500</b>	
Hmotnost kg		1,7	2,6	2,4	3,2	4,4	
<b>Příslušenství</b>							
Držák pro upevnění na stěnu	4 ks	1590.000	1590.000	1590.000	1590.000	1590.000	587
Upevnění na sloupu	1 sada	2584.000	2584.000	2584.000	2584.000	2584.000	589
Montážní svěrka	30 ks	2309.000	2309.000	2309.000	2309.000	2309.000	614
Nosné lišty		viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	614
Kabelové průchodky		od strany	od strany	od strany	od strany	od strany	658
Uzemňovací pásy		viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	644
Kryt zámku	2 ks	2476.000	2476.000	2476.000	2476.000	2476.000	571
Uzavírací systémy		od strany	od strany	od strany	od strany	od strany	560



## E-boxy EB

## Hloubka 120 mm

Šířka (B) mm	Balení	150	150	200	200	200	200	300	300	Strana
Výška (H) mm		150	300	200	300	400	500	300	400	
Hloubka (T) mm		120	120	120	120	120	120	120	120	
Šířka montážní desky (F) mm		125	125	175	175	175	175	275	275	
Výška montážní desky (G) mm		135	285	185	285	385	485	285	385	
Tloušťka materiálu skříně mm		1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,38	1,38	
Tloušťka materiálu dveří mm		1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	
Obj. č.	1 ks	1553.500	1548.500	1549.500	1554.500	1550.500	1557.500	1555.500	1556.500	
Hmotnost kg		2,0	3,0	2,8	3,6	5,0	6,2	5,0	6,4	
<b>Příslušenství</b>										
Držák pro upevnění na stěnu	4 ks	1590.000	1590.000	1590.000	1590.000	1590.000	1590.000	1590.000	1590.000	587
Upevnění na sloupu	1 sada	2584.000	2584.000	2584.000	2584.000	2584.000	2584.000	2584.000	2584.000	589
Montážní svěrka	30 ks	2309.000	2309.000	2309.000	2309.000	2309.000	2309.000	2309.000	2309.000	614
Nosné lišty		viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	614
Kabelové průchodky		od strany	od strany	od strany	od strany	od strany	od strany	od strany	od strany	658
Uzemňovací pásy		viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	viz strana	644
Kryt zámku	2 ks	2476.000	2476.000	2476.000	2476.000	2476.000	2476.000	2476.000	2476.000	571
Uzavírací systémy		od strany	od strany	od strany	od strany	od strany	od strany	od strany	od strany	560

## Hloubka 155 mm

Šířka (B) mm	Balení	300	300	300	Strana
Výška (H) mm		400	600	800	
Hloubka (T) mm		155	155	155	
Šířka montážní desky (F) mm		275	275	275	
Výška montážní desky (G) mm		385	585	785	
Tloušťka materiálu skříně mm		1,38	1,38	1,38	
Tloušťka materiálu dveří mm		1,25	1,25	1,25	
Obj. č.	1 ks	1577.500	1578.500	1579.500	
Hmotnost kg		7,1	11,0	13,2	
<b>Příslušenství</b>					
Držák pro upevnění na stěnu	4 ks	1590.000	1590.000	1590.000	587
Upevnění na sloupu	1 sada	2584.000	2584.000	2584.000	589
Montážní svěrka	30 ks	2309.000	2309.000	2309.000	614
Nosné lišty		viz strana	viz strana	viz strana	614
Kabelové průchodky		od strany	od strany	od strany	658
Uzemňovací pásy		viz strana	viz strana	viz strana	644
Kryt zámku	2 ks	2476.000	2476.000	2476.000	571
Uzavírací systémy		od strany	od strany	od strany	560

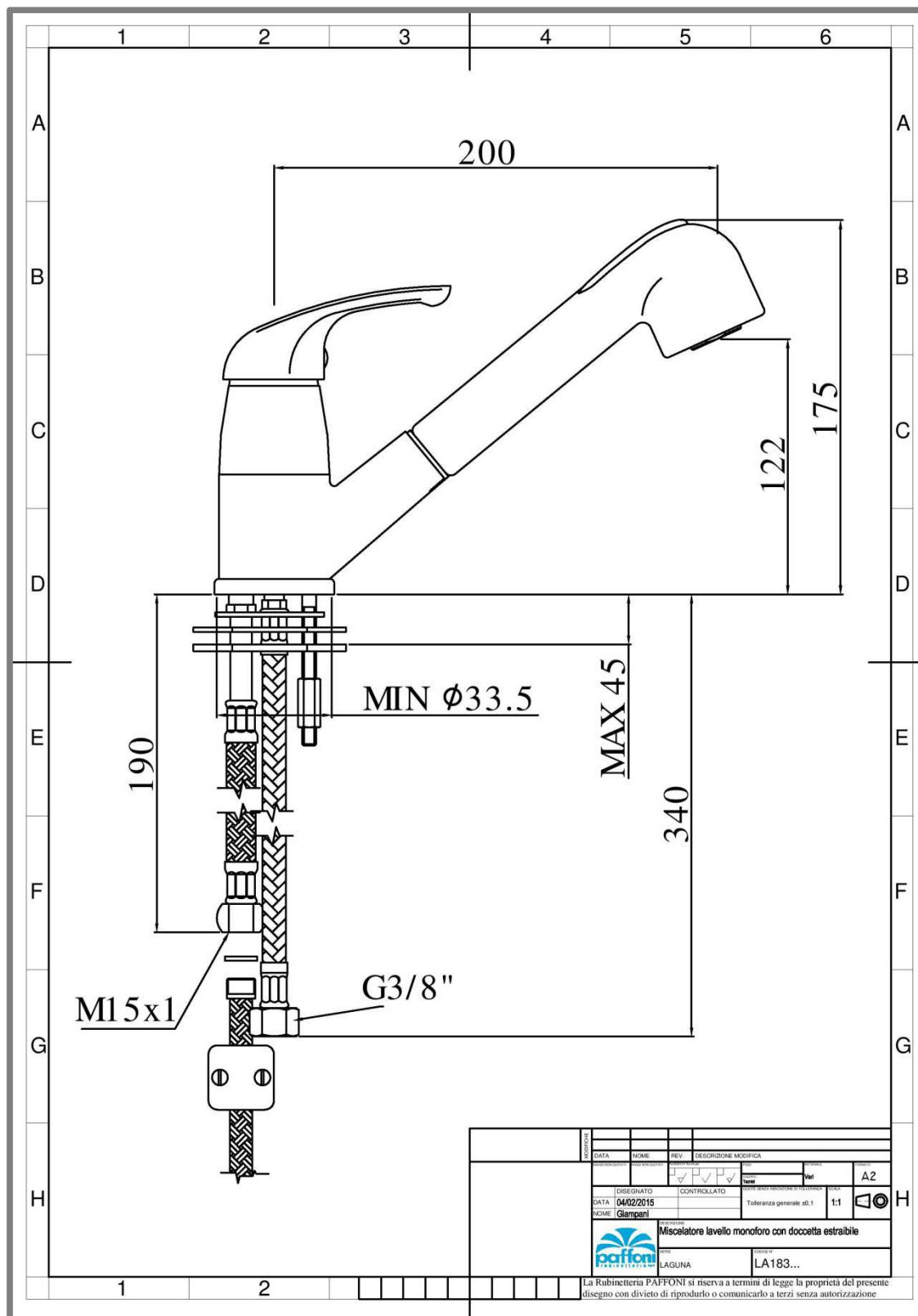
Systémové příslušenství



## Držák pro upevnění na stěnu

Od strany 587

## VI. Náčrt vodovodní baterie Paffoni Laguna





## VIII. Katalogový list pantu HHPNL

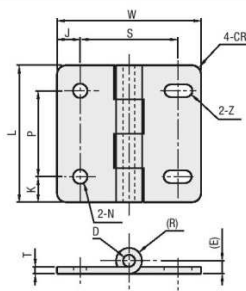
## Hinges with Slotted Holes / Stainless Steel Hinges for Heavy Loads / Aluminum Detachable Hinges

## Hinges with Slotted Holes

## SHPSNA



RoHS



When mounting the hinges on panels, Hinge Nuts are recommended on P811.

Material: EN 1.4301 Equiv.

Part Number	Allowable Load	Mass	L	W	K	P	J	S	N	Z	T	(E)	(R)	CR	D	Unit Price	Volume Discount Rate
Type	No.	kg	N	g												1 - 19 pc(s).	20-50
SHPSNA	5	9	88	34	41	36	8	25	7.5	21	5.5	5.5x6.5	2	4.6	4.6	4	5
	6	12	117	48	48	48	9	30	8	32	5.5x10						
	8	25	245	111	59	62	11	37	10	42	6.5	6.5x10	3	6.1	6.1	5	6

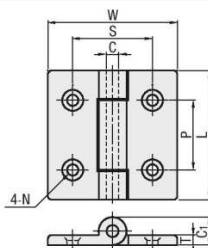
\* The allowable load is the value when 2 pieces are used.

## Stainless Steel Hinges for Heavy Loads

## SHHPSZ



RoHS



	Material	Surface Treatment
① Caster	EN 1.4401	Buffed Finish
② Shaft	Equiv.	-

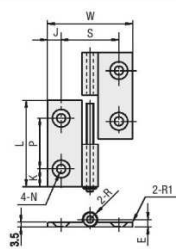
Part Number	Allowable Load	Weight	L	W	P	S	C	C1	T	N	Screw	Nut	Unit Price	Volume Discount Rate
Type	No.	kg	N	g						Through/Countersink	Quantity	Quantity	1-8 pc(s).	9-50
SHHPSZ	6	350	110	47	48	30	32	6	14	5	5.5	11	Flat Head Screw 5-10	HNTT6-5
	8	450	190	63	62	37	42	6	14	5	6.5	13	Flat Head Screw 6-12	HNTT8-6
	8-45	450	190	63	80	43	47	8	16	6	6.5	13	Flat Head Screw 6-15	HNTT8-6

\* The allowable load is the value when 2 pieces are used.

## Aluminum Detachable Hinges

HHPNL  
(For Left-hand Use)  
HHPNR  
(For Right-hand Use)

RoHS



When mounting the hinges on panels, Hinge Nuts are recommended on P811.

Material: EN AW-6063-T5 Equiv.  
Bushing: Polyacetal  
Surface Treatment: Anodize

Figure is for Left-hand Use Type

Part Number	Allowable Load	Mass	L	W	K	P	J	S	N	E	R	Screw	Nut	Unit Price	Volume Discount Rate
Type	No.	kg	N	g					Through/Countersink			Quantity	Quantity	1-8 pc(s).	9-50
Aluminum Detachable Hinges	5			22	36	11	25	7.5	21	5.5	11	5	5	Flat Head Screw 5-8	HNTT5-5
	6			33	48	8.5	30	8	32	6.5	13	5.5	5.5	Flat Head Screw 6-10	HNTT6-6
	8	10	98	48	63	13	37	10	42					Flat Head Screw 6-12	HNTT8-6

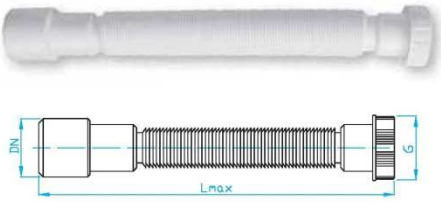
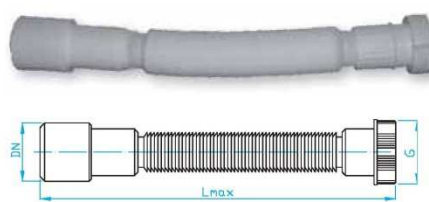
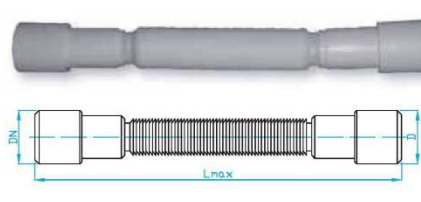
\* The allowable load is the value when 2 pieces are used.

Ordering Example  
Part Number  
SHHPSZ6  
HHPNL6Part Number - (SET, SST)  
SHHPSZ6 - SST

When SET is specified, the product is not RoHS compliant.

Alteration	Code	Spec.	Hinge	No.
Applicable Screw and Nut Set	SET SST (Stainless Steel)	Applicable screws and nuts come in a set. When SST is specified, screws and nuts will be in stainless steel. When -SET is specified, the material of the Flat Head Screws is EN 1.7220 Equiv. and their surface treatment is Black Oxide.	SHPSNA	5
				6
				8
			SHHPSZ	6
				8
				8-45
			HHPNL	5
			HHPNR	6
				8

## IX. Katalogový list flexi dopojení (sifon)

FLEXI DOPOJENÍ			
CORRUGATED FLEXIBLE CONNECTORS, FLEXIANSCHLÜSSE, ГИБКОЕ СОЕДИНЕНИЕ			
<b>Flexi dopojení s plastovou matkou</b> Corrugated flexible trap, plastic nut Flexianschluss mit Plastikmutter Гибкое дополн. соединение с пластмассовой гайкой			
ART.	G	DN	L max
GSP5400	5/4"	32/40	850
GSP6500	6/4"	40/50	950
zesílená stěna, zvýšená tvarová a tepelná odolnost			
			
<b>Flexi dopojení</b> Corrugated flexible connector Flexianschluss Гибкое дополн. соединение			
ART.	D	DN	L max
GSD4400	40/32	32/40	870
GSD5500	50/40	40/50	980
zesílená stěna, zvýšená tvarová a tepelná odolnost			
			
<b>Flexi dopojení s plastovou matkou</b> Corrugated flexible trap, plastic nut Flexianschluss mit Plastikmutter Гибкое дополн. соединение с пластмассовой гайкой			
ART.	G	DN	L max
GLP5400	5/4"	32/40	790
GLP6400	6/4"	40	870
GLP6500	6/4"	40/50	870
			
<b>Flexi dopojení</b> Corrugated flexible connector Flexianschluss Гибкое дополн. соединение			
ART.	D	DN	L max
GLD4400	40/32	32/40	840
GLD5500	50/40	40/50	940
			
<b>Flexi dopojení s kovovou matkou</b> Corrugated flexible trap, metal nut Flexianschluss mit Metallmutter Гибкое дополн. соединение с металлической гайкой			
ART.	G	DN	L max
GLK5400	5/4"	32/40	790
GLK6400	6/4"	40	860
GLK6500	6/4"	40/50	870
			
ČSN EN 274			
plastborno			
61			

ODTOKOVÉ ŽLABY  
 SIFONY  
 WC DOPLŇKY  
 PODLAHOVÉ VPUSTI  
 HT PP TVAROVKY A TRUBKY  
 HT PŘÍSLUŠENSTVÍ  
 HT PVC TVAROVKY



**X. Materiálová kalkulace**

NÁZEV	MNOŽSTVÍ [ks,m,m <sup>2</sup> ,...]	JEDNOTKOVÁ CENA s DPH [Kč]	CENA ZA POLOŽKU [Kč]	ZDROJ
jehl ČSN EN 10219-2 40x40x4	13,0	120,88	1569,02	23
jehl ČSN EN 10219-2 40x40x2	5,4	64,25	346,31	24
U profil ČSN EN 10162 U 80x40x3	0,7	124,15	81,94	25
nerezový plech ČSN EN ISO 9445-3	0,6	1918,00	1054,90	26
nerezový plech ČSN EN ISO 9445-2	3,1	1362,00	4194,96	27
děr. nerez plech ČSN EN 10130-1	1,2	1184,50	1433,25	28
ocelový plech ČSN 11321-1	2,4	261,36	632,49	29
ocelový plech ČSN 11321-2	0,4	517,28	227,60	30
trubka ČSN EN 102962-3 Ø34	0,2	288,00	63,36	31
trubka ČSN EN 102962-1,5 Ø10	0,2	50,80	11,18	32
L profil ČSN EN 10056 L20x20x3	2,4	139,39	337,32	33
pásová ocel ČSN EN 10058 30x3	1,0	20,69	20,48	34
trubka pozink. ČSN EN 10255-A1 1''	1,2	89,33	108,09	35
armatury a fitinky	1,0	1218,00	1218,00	36
sifon flexi	1,0	35,00	35,00	18
HT trubka Ø40 250 mm	1,0	19,00	19,00	37
objímka Ø40	2,2	10,89	23,96	38
flexi hadice 3/8''	2,2	47,00	103,40	39
trubka pozink.ČSN EN 10255-A1 3/8''	0,2	45,54	10,02	40
objímka Ø10	2,2	8,23	18,11	41
dřezová baterie otočná se sprchou	1,0	2990,00	2990,00	19
čerpadlo GRUNDFOS UPS 25-40	1,0	2106,00	2106,00	42
minerální vata izolační tl. 40mm	1,2	25,60	29,57	43
polyuret. deska izolační tl. 40mm	0,3	230,00	63,25	44
potrubní izolace TUBEX tl. 10mm	1,3	15,60	20,59	45
polykarbonátová deska tl. 5mm	0,2	1320,00	232,32	46
madlo víka	1,0	121,92	121,92	47
pant	4,4	128,53	565,53	48
zámek dvířek	2,2	47,00	103,40	49
stavěcí nožka	15,4	119,25	1836,45	50
topné těleso TATRAMAT	2,2	290,00	638,00	16
elektroinstal. krabice 80x80x40 mm	2,2	35,70	78,54	22
snímač hladiny	1,0	211,60	211,60	17
rozvaděč Rittal 200x300x120mm	1,0	1161,00	1161,00	20
kapilárový termostat	1,0	619,00	619,00	21
těsnicí profil Pirelli A1117	1,8	139,15	250,47	51
spojovací materiál	1,0	120,00	120,00	52
drobné kovové díly - odhad	1,0	500,00	500,00	
CELKEM:			23156,03	